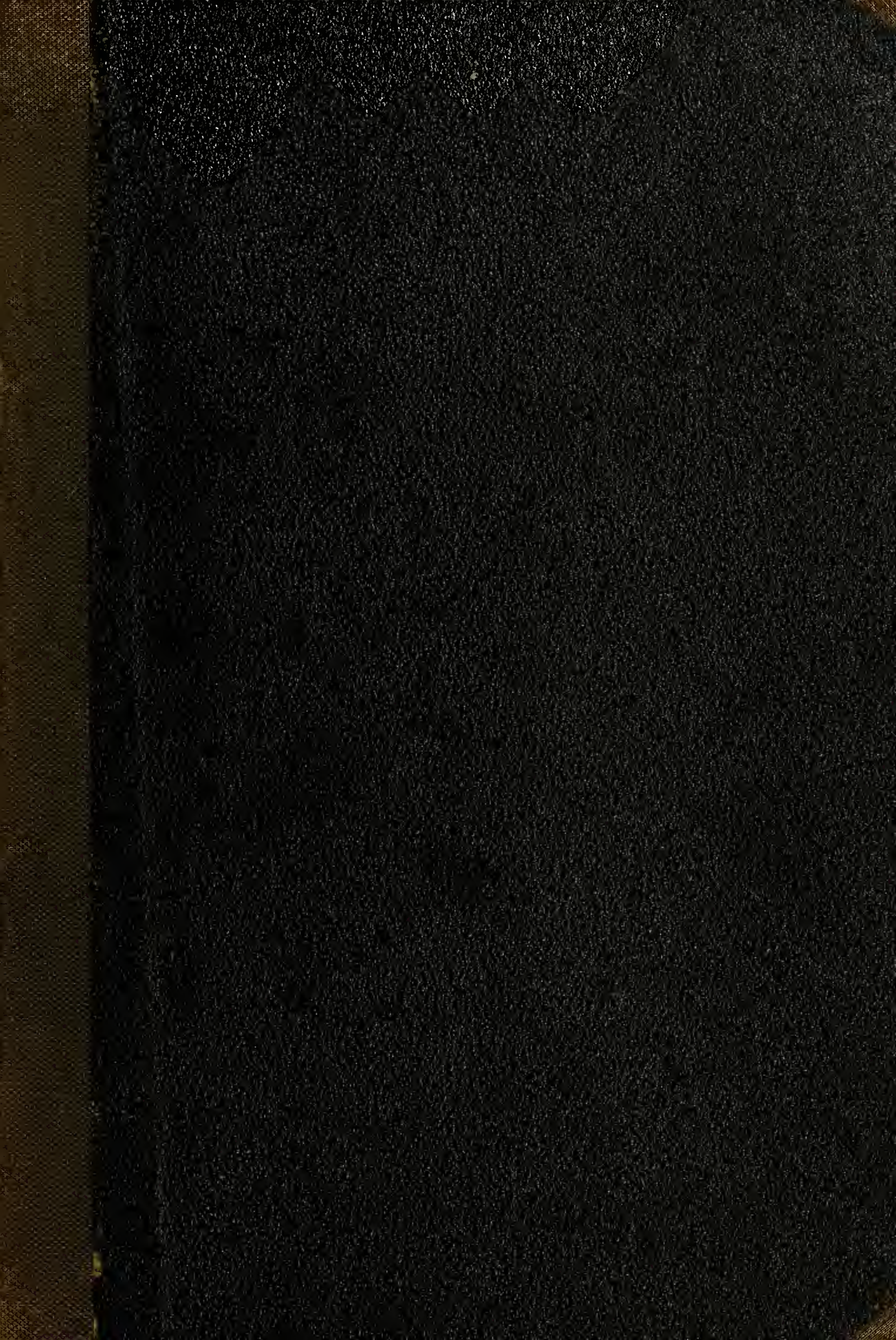






Experimentalphysiologie

des

Nervensystems.

Von

Dr. C. Eckhard,
Professor der Anatomie und Physiologie in Giessen.

Giessen 1867.
Verlag von **Emil Roth.**

Vorrede.

Seit dem Erscheinen meiner *„Grundzüge der Physiologie des Nervensystems“* hat das darin abgehandelte Gebiet der Physiologie so merkbare Fortschritte gemacht, dass jenes Buch durchaus nicht mehr den gegenwärtigen Zustand der Nervenphysiologie repräsentirt. Ich habe es daher zeitgemäss umgearbeitet und übergebe es jetzt dem Publicum mit dem Titel einer *„Experimentalphysiologie des Nervensystems“*. Bei der Ausarbeitung desselben habe ich einen bestimmt abgegrenzten Leserkreis vor Augen gehabt, bestehend in Studirenden der Medicin, welche die Vorbereitungswissenschaften hinter sich haben und in practischen Aerzten, welchen die wissenschaftliche Erkenntniss des menschlichen Organismus hoch genug steht, um auch noch nach vollendeten Studien sich an den Fortschritten jener mit Ernst zu betheiligen. Ich schrieb also weder für den Fachmann, welcher selbstverständlich eines solchen Buchs nicht bedarf, noch für Solche, welche nur soviel von der Physiologie in ihr Gedächtniss aufzunehmen wünschen, als nothwendig ist, um allenfalls durch die Prüfung zu kommen und denen eine tiefere Beschäftigung damit kein Vergnügen macht. Hiernach hatte ich also die Wahl des Stoffes und die Methode der Darstellung zu bemessen.

Die Materie anlangend, so setzte ich mir vor, alle wesentlichen Punkte der experimentellen Nervenphysiologie insoweit vorzuführen, dass der Leser dadurch befähigt würde, ihren weitern Entwickelungen zu

folgen. Bei der Abfassung meiner Grundzüge war ich entschieden in den Fehler verfallen, dass ich den speciellen Theil zu sehr vernachlässigt hatte. Die Mangelhaftigkeit der zu jener Zeit auf diesem Gebiete herrschenden Methoden hatte mich dazu verführt. Ich habe jetzt, wo auch hier bessere Untersuchungsweisen eingedrungen sind, den frühern Fehler gut zu machen versucht. Sollte man dennoch das Eine oder Andere vermissen, so suche man dahinter keine andere Absicht, als die, nur das bereits gesicherte Material abzuhandeln und von demjenigen, über welches die Verhandlungen noch im Gange sind, nur das auszuwählen, welches durch bisher darüber gepflogene Discussionen oder daran geknüpfte Erwartungen die Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat.

Was die Methode der Darstellung betrifft, so habe ich im Allgemeinen nach Kürze, Präcision und Kritik gestrebt. Ich bin ein Feind aller überflüssigen Länge und einer Ausdrucksweise, welche, obschon geschmeidig und angenehm, sich damit befriedigt, nur näherungsweise das Rechte zu treffen; denn die Erfahrung hat mich gelehrt, dass solche Darstellungen den Leser nicht in eine anstrengende Spannung, sondern in eine Art Träumerei versetzen, in welcher kein klarer Begriff mehr aufkommt. Auch verlangen die vielfachen Vorbereitungen zum physiologischen Studium und die Art der Beschäftigung des Arztes practisch diese Kürze und Bestimmtheit. Auf die Kritik der Thatsachen habe ich besonderen Werth gelegt. Ungezogenheiten, wie sie leider noch vielfach in unserer Literatur vorkommen, habe ich dabei vermieden, weil es mir weder eine würdige noch schwere Aufgabe scheint, auf dem hohen Ross die Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen. Ich kenne nur diejenige Kritik, welche aufrichtig die Erkenntniss fördern will; in ihre sorgsame Pflege setze ich aber auch das Ziel, welchem der Arzt vor vielen Andern vorzugsweise zustreben soll; die Vielgestaltigkeit und die Complicirtheit der Erscheinungen, die ihm nahe treten, sind nur durch freies, selbstständiges, kritisches Urtheil zu bezwingen.

Die Anordnung und Darstellung des Materials im Speciellen anlangend, so habe ich, wie in den Grundzügen, zuerst eine physikalische Einleitung gegeben, welche das für den Nervenphysiologen Nothwendigste der Electricitätslehre enthält. Ich weiss wohl, dass die darin enthaltenen Kenntnisse vollkommner aus den Vorlesungen und Lehr-

büchern über Physik erworben werden können; leider aber ist noch bei der grossen Mehrzahl der Mediciner der Drang nach physikalischem Wissen so wenig intensiv ausgebildet, dass es nothwendig erscheint, sie auf das wichtigste Material, dessen sie bedürfen, besonders aufmerksam zu machen und es ihnen zusammenzustellen, ja sogar in der Form nach möglichst einfacher Darstellung zu streben. Der Grund davon liegt wesentlich darin, dass noch an so vielen Orten dem Mediciner die beschreibenden Naturwissenschaften in unverantwortlicher Weise aufgebürdet werden, welche nicht allein die Zeit rauben, sondern auch den Sinn ersticken für Naturbetrachtungen, welche Wenig oder gar Nichts mit der Art gemein haben, in welcher sich der Physiker der Natur gegenüber stellt. So kommt es, dass manche Abschnitte der Einleitung, wie z. B. die Theorie des astatischen Systems innerhalb und ausserhalb des Multiplicators, die Induction u. a. nicht in dem Gewand erscheinen, welches man bei besserer und allgemeinerer Vorbildung der vorausgesetzten Leser würde anlegen können. Man muss sich indess zeitweilig accomodiren; die Zeit wird hoffentlich nicht mehr fern sein, wo man auf dem bereits in Preussen betretenen Wege allgemeiner fortfahren wird, das naturhistorische Wissen des Mediciners auf ein encyclopädisches zu beschränken und dafür mit aller Energie die mathematischen, physikalischen und chemischen Studien zu fördern, welche intellectuell den Menschen tief in seinem innern Wesen ergreifen, materiell dem Mediciner die wahrhaft nützlichen Grundlagen seines Studiums verschaffen und durch beide Beziehungen ihn befähigen, dem prunkenden Ballast der beschreibenden Naturwissenschaften muthig zu entsagen und im Geiste einer ächt physikalischen Denkungsart sein Object zu erforschen und zu behandlen. In der *Nervenphysik* habe ich nur diejenigen Eigenschaften des Nervensystems vorgetragen, welche sich durch die Untersuchung einzelner Nerventheile ausser allem Zusammenhang mit andern Gebilden ergeben. Etwas willkührlich habe ich also die ganze Lehre von der Nervenreizung, welche sowohl durch ihre Methode, als ihren Zusammenhang mit den physikalischen Erscheinungen der Nerven in dies Gebiet gezogen werden kann, in den dritten Abschnitt, die *Nervenphysiologie*, verwiesen. Ueber die einzelne Zergliederung beider Abschnitte giebt das Inhaltsverzeichniss Auskunft. Ob in dem Buche das erstrebte Ziel

durchleuchtet und näherungsweise erreicht worden ist, mögen Diejenigen entscheiden, welchen ein Urtheil darüber zusteht.

Trotzdem, dass ich die Geschichte der einzelnen Lehren bis zur Gegenwart fortzuführen bemüht war, sind doch durch während des Drucks erschienene Abhandlungen in dieser Beziehung einige Lücken entstanden. Ich kann im Interesse des Fortschritts der Erkenntniss nur wünschen, dass sich diese Unvollkommenheit in möglichst kurzer Zeit recht auffallend auspräge.

Giessen, im October 1866.

C. Eckhard.

Inhalt.

Erster Abschnitt.

Die Lehre von der Electricität als Vorbereitung zum Studium der Physiologie des Nervensystems.

Zweiter Abschnitt.

Nervenphysik.

Dritter Abschnitt.

Nervenphysiologie.

Erster Abschnitt.

Die Lehre von der Electricität als Vorbereitung zum Studium der Physiologie des Nervensystems.

---

§. 1.

Grundbegriffe, Eigenschaften der offenen Säule.

Die Nervenwirkungen sind wesentlich electrischer Natur, und zu ihrer Erzeugung behufs experimenteller Studien über dieselben erweist sich erfahrungsgemäss die Electricität als das beste Mittel. Daher ist es nöthig, dass Derjenige, welcher sich dem Studium der Nervenphysiologie mit Erfolg zu widmen gedenkt, sich mit den Lehren der Electricität, zum mindesten nach denjenigen Beziehungen hin, in welchen sie in diesem Abschnitt der Physiologie in Anwendung kommen, bekannt mache. Insbesondere sind es die Erscheinungen des *Galvanismus, Electromagnetismus* und der *Induction,* mit denen man vertraut sein muss, und zwar sehr oft in einer Weise, die weder durch die gewöhnlichen Vorträge über Electricität, noch dahin einschlagende Lehrbücher rein physikalischen Inhalts befriedigt werden kann, da es sehr oft auf ganz specielle Sätze ankommt, die rein physikalischen Darstellungen ferner liegen. Diese Lehren sollen daher hier in ihren Hauptzügen und insbesondere so dargestellt werden, wie sie zu einem erfolgreichen Studium der Nervenphysiologie förderlich sind. Wenn dabei oft zu elementaren Begriffen zurückgegangen wird, so geschieht dies nur, um für die Darstellung einen Ausgangspunkt zu gewinnen und ihr einen gewissen Zusammenhang zu verschaffen.

Wenn zwei heterogene Körper mit einander in Berührung gebracht werden, so nehmen sie von einander verschiedene, electrische Zustände an. Am frühesten hat man dies zwar bei der Berührung zweier verschiedener Metalle beobachtet, allein die Nebenumstände, unter denen die dahin gehörigen Versuche nur anzustellen sind, haben Veranlassung zu den mannigfachsten Bedenken gegeben, und zur Zeit ist weder ein sicher entscheidender Versuch für, noch gegen die Lehre von der Electricitätserzeugung durch den reinen Contact verschiedener Metalle bekannt *). Zweifelloser lassen sich die verschiedenen electrischen Zustände bei der Berührung von einem Metall und einer Flüssigkeit nachweisen. Finden sich z. B. eine Zinkplatte und eine ebenso grosse Schicht von Wasser, Salpetersäure, Schwefelsäure oder Zinkvitriollösung, die etwa in einem Stück Tuch aufgesogen zu denken sind, in Berührung, so wird das Metall *negativ*, die Flüssigkeit *positiv* und zwar für jede Combination verschieden stark electrisch. Ersetzt man das Zink durch Platin, so wird dieses in den angeführten Flüssigkeiten, mit Ausnahme des Wassers, positiv. Die Ursache dieser aus der Berührung der heterogenen Körper entspringenden Electricitäten schreibt man der sogenannten *electromotorischen Kraft* zu. *Die Dichtigkeiten* der ausgeschiedenen Electricitätsmengen hängen von den relativen Grössen der sich berührenden Theile ab, auf denen sie sich verbreiten können. Sind z. B. die Oberflächen von Metall und Flüssigkeit von gleicher Ausdehnung, so sind die electrischen Dichten der einander entgegengesetzten Electricitäten gleich gross. Für jede besondere Combination eines gewissen Metalls und einer bestimmten Flüssigkeit ist die Differenz in den electrischen Dichten eine *bestimmte, characteristische, unabänderliche* Grösse, die man mit dem Namen der *Spannungsdifferenz* belegt. Man definirt demgemäss die electromotorische Kraft als diejenige Kraft, welche bei dem Contact heterogener Körper Electricitäten einer bestimmten Spannungsdifferenz ausscheidet. Eine einfache Combination von zwei heterogenen Körpern heist ein einfacher *Electromotor.* Nennt man die Spannung der freien positiven Electricität eines solchen $+ S$ und die der negativen $- S$, so drückt sich die Spannungsdifferenz des einfachen Electromotors durch $+ S - (- S) = 2 S = C$ aus. Ein solcher Electromotor hat nun die höchst wichtige Eigenschaft, *dass er unter allen Umständen seinen constanten Spannungsunterschied behauptet.* Es

*) Wer das Bedürfniss fühlt, sich im Einzelnen über diesen Punkt, sowie über die hier vorgetragenen Lehren weiter, als für physiologische Zwecke unumgänglich nothwendig ist, zu unterrichten, dem ist als Ausgangspunkt zu empfehlen: Wiedemann. Die Lehre vom Galvanismus. I. II. a. b. Braunschweig 1861—1863.

führt zu einigen weiteren in der Physik gebräuchlichen Ausdrücken für die Eigenschaften einfacher Elecktromotoren, sich dies an Beispielen klar zu machen.

Wir setzen erstens einen einfachen Elecktromotor z. B. Z | H O *) voraus, bei welchem die Oberflächen seiner beiden Bestandtheile gleich gross sind und nehmen an, es werde einem derselben, z. B. dem Zink, eine gewisse Menge negativer Electricität mitgetheilt. Was geschieht? Da sich, entsprechend einer von Coulomb gemachten Erfahrung, mitgetheilte Electricität auf einem System heterogener Körper so vertheilt, als bestünde jenes aus einem einzigen, gleichartigen Stoff, so wird sich die mitgetheilte Menge negativer Electricität gleichmässig auf der Zink- und Wasseroberfläche verbreiten, die Dichte der negativen Electricität des Zinks vermehren, dagegen die positive des Wassers je nach den Umständen theilweise oder gänzlich vernichten, so dass hier positive Electricität verminderter Spannung oder die Spannung Null oder eine gewisse Spannung negativer Electricität auftreten kann. Aehnliches findet statt, wenn man dem Systeme positive Electricität mittheilt. Aber durch die electromotorische Kraft wird der constante Spannungsunterschied der Electricitäten der beiden Elemente des Electromotors festgehalten. Unbekümmert um die *Art* der beiden Electricitäten ist er stets $= 2$ S, so dass, wenn man mit α die veränderte Spannung auf jedem der Elemente des Electromotors bezeichnet, man stets

$$(+\overset{HO}{S} - \alpha) - (-\overset{Z}{S} - \alpha) = +2\,S$$

für jeden Werth und jedes Vorzeichen für α hat. *Mittheilung also von verschiedener Electricität und in verschiedener Menge an das System eines einfachen Electromotors tilgt nicht dessen constanten Spannungsunterschied.*

Wir denken uns zweitens, dass die Zinkplatte mit einer an Oberfläche n mal so grossen Wasserschicht in Berührung sei. Dann wird die Dichte der auf der Zinkplatte vorhandenen negativen Electricität n mal so gross sein, als die der positiven auf dem Wasser. Nennt man letztere x, so ist erstere n x und es muss sein:

$$x - (-n\,x) = 2\,S.$$

Hieraus ergiebt sich $x = \frac{2\,S}{n+1}$ als Ausdruck für die electrische Dichte auf der Wasserschicht. Wird die letztere unendlich gross gedacht, was man als identisch damit ansehen kann, dass man sie in

*) Electromotorische Combinationen pflegt man häufig so zu bezeichnen, dass man zwischen ihre Elemente einen senkrechten Strich stellt.

1 *

leitende Verbindung mit der Erdoberfläche setzt oder, wie man sagt, ableitend berührt, so besagt der Ausdruck

$$x = \frac{2\,S}{\infty} = 0,$$

dass für diesen Fall die electrische Dichte auf dem positiven Elemente = Null ist. Da aber auch für diesen Fall das Gesetz der constanten electrischen Differenz gewahrt werden muss, so folgt, dass alsdann die Spannung auf der negativen Zinkplatte = 2 S sein wird. Man drückt dies in der Physik gewöhnlich so aus: *Wird ein Element des einfachen Electromotors ableitend berührt, so wird dadurch an ihm die Spannung = Null, am anderen doppelt so gross, als wenn bei gleicher Grösse der Elemente keine ableitende Berührung statt gefunden hätte.*

Auch bei der Berührung zweier verschiedener Metalle beobachtet man, wie bereits erwähnt wurde, die Ausscheidung von Electricitäten von constantem Spannungsunterschied. Da aber bei ihrer Demonstration nachweislich mit der Hand oder sonstwie befeuchtete Flächen wirklich vorkommen, oder von strengen Kritikern als, z. B. durch die feuchte Luft, vorkommend gedacht werden können, so kann es bis jetzt nicht als über jeden Zweifel bewiesen angesehen werden, dass der blosse Contact von zwei verschiedenen Metallen allein electromotorisch wirksam sei. Stellt man aber die Versuche für verschiedene Metallcombinationen stets in derselben Weise an, so findet man, dass sich die Metalle, nebst einigen Oxyden und Schwefelmetallen, in eine gewisse Reihe ordnen lassen, deren Glieder die Eigenschaft haben, dass jedes folgende, mit all seinen Vorgängern berührt, positiv electrisch wird und dies in um so höherem Grade, je weiter es von einem derselben absteht. Diese Reihe heisst die *Spannungsreihe*. Volta, der Entdecker derselben, hat die folgende Aufeinanderfolge aufgestellt, welche von spätern Forschern im Wesentlichen bestätigt worden ist:

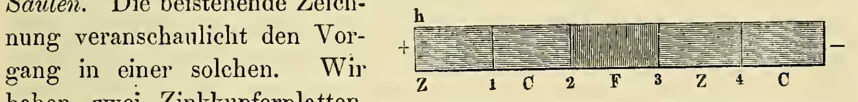
— Braunstein, Kohle, Gold, Silber, Kupfer, Eisen, Zinn, Blei, Zink. +

Die Spannungsreihe gewinnt einen besonderen Werth durch den Umstand, dass man durch electrometrische Messungen die Thatsache erkannt hat, *dass die durch den Contact zweier Glieder der Spannungsreihe erzeugte Differenz der Spannung gleich ist der Summe der Spannungsunterschiede aller Zwischenglieder,* woraus unmittelbar folgt, *dass die electrische Differenz einer Combination beliebig vieler Metalle gleich ist der electrischen Differenz der Endeglieder.*

Das Wasser und überhaupt alle Flüssigkeiten lassen sich nicht in die Spannungsreihe einfügen. So wird z. B. Wasser in Berührung mit Zink positiv; es müsste also in der obigen Reihe diesem nachfolgen und

in Berührung mit den vor dem Zink stehenden Körpern, z. B. dem Kupfer, stärker positiv werden, wovon aber die Erfahrung das Gegentheil lehrt. Die in die Spannungsreihe gehörigen Körper hat man *Leiter erster,* die ausserhalb derselben stehenden *Leiter zweiter Klasse* genannt. Ausser den beiden bisher erwähnten Combinationen sind noch folgende als Electromotoren bekannt und zum Theil ausführlich studirt worden, nämlich: zwei Metalle und eine Flüssigkeit, zwei Flüssigkeiten und ein Metall, zwei Flüssigkeiten und zwei Metalle, Metalle und Gase.

Die Spannungen aller dieser verschiedenen, einfachen Electromotoren sind sehr gering, wesshalb man erstere durch Aneinanderfügen mehrerer derselben Art zu vermehren sucht. Wir wählen als ein Beispiel die Wiederholung einer Zinkkupfercombination. Auf den ersten Blick sieht man jedoch ein, dass dies nicht in der Weise ausgeführt werden kann, dass man die genannte Combination mehrmals auf einander folgend in demselben Sinn so ohne Weiteres auf einander legt; denn in Z $\overset{1}{|}$ Cu $\overset{2}{|}$ Z $\overset{3}{|}$ Cu. z. B. würde die wirksame Berührungsstelle bei 1 der ersten Combination durch die neu entstehende bei 2 als in umgekehrtem Sinn wirkend wieder aufgehoben werden und nur die eine bei 3 übrig bleiben. Eine solche Aufeinanderfolge sich gegenseitig destruirender Berührungsstellen vermeidet man durch Einschaltung feuchter Schichten, also von Leitern zweiter Klasse, oder nicht in die Spannungsreihe gehöriger Körper. Solche Vorrichtungen nennt man *zusammengesetzte Säulen.* Die beistehende Zeichnung veranschaulicht den Vorgang in einer solchen. Wir haben zwei Zinkkupferplatten,



getrennt von einander durch die Flüssigkeitsschicht F. Zufolge der Berührung bei 1 wird, entsprechend der electrischen Differenz Zn | Cu auf dem Zink positive, auf dem Kupfer negative Electricität ausgeschieden, welche letztere sich ungehindert über den übrigen Theil des Systems nach rechts hin ausbreitet. Durch die Berührung bei 2 wird das Kupfer negativ, die Flüssigkeitsschicht positiv. Da sich die hier erzeugte negative Electricität des Kupfers ungehindert über das mit ihm verbundene Zink ausbreitet, so wird die Spannung der positiven Electricität auf letzterem abnehmen. Dasselbe wird mit der der negativen Electricität auf dem rechts von 2 befindlichen Theile des Systems der Fall sein, indem sich über denselben gleichfalls unbehindert die in der Flüssigkeit durch das Kupfer erregte positive Electricität verbreitet. Die bei 3 wirkende, electromotorische Kraft hat zur Folge, dass das Zink negativ, aber in höherem Grade, als vorher das Kupfer, und die Flüssig-

keitsschicht entsprechend gross positiv wird. Folglich nimmt jetzt die Spannung der positiven Electricität auf dem Zink der ersten Zinkkupferplatte wieder zu und zwar um mehr, als sie in Folge der bei 2 wirkenden electromotorischen Kraft abgenommen hatte. Ein Gleiches gilt für die der bis zum Kupfer der zweiten Zinkkupferplatte verbreiteten negativen Electricität. Endlich erhalten die an den Enden oder den sogenannten *Polen* des ganzen Systems hervortretenden Spannungen noch einen entsprechenden Zuwachs durch die Berührungsstelle bis 4. Fährt man so fort, zwischen je zwei Zinkkupferplatten eine flüssige Schicht einzuschalten, so tritt fortwährend eine entsprechende Vergrösserung der Spannungen an den Polen auf.

§. 2.

Die geschlossene Kette, Begriff der Stromstärke, Leitungswiderstand, Ohm sches Gesetz, Spannungserscheinungen der geschlossenen Kette, Rheochord und seine Anwendung bei electrophysiologischen Versuchen.

In der offnen Säule finden sich die Electricitäten in Ruhe. Verbindet man ihre Pole durch irgend einen Leiter, so gleichen sich durch diesen die gespannten Electricitäten aus. Man nennt diese Ausgleichung den *galvanischen Strom*. Bei dem aus zwei Metallen bestehenden *einfachen* Electromotor kann, wenn nicht Temperaturunterschiede der Berührungsstellen hinzu kommen, der Schliessungsbogen nicht rein metallisch sein *); denn in einer Folge von der Spannungsreihe angehörigen Körpern, die zum Kreise geschlossen sind, zerstören sich die Wirkungen der Berührungsstellen gegenseitig.

Bei den mittelst Metallen und Flüssigkeiten gebildeten Säulen dagegen reicht ein einfaches Drahtstück aus; doch erinnere man sich stets, um sich nicht über die *Anzahl* der wirksamen electromotorischen Combinationen zu täuschen, dass jedes Zinkkupferpaar oder eine ihm analoge Combination nur in Verbindung mit einer feuchten Schicht ein wirksames Glied der Kette ausmacht und dass folglich die Anzahl der wirksamen Elemente mit der Anzahl der eingeschalteten Flüssigkeitsschichten übereinstimmt. Wollte man also z. B. die auf S. 5 gezeichnete zusammen-

*) Dies hindert natürlich nicht, mit einem Bogen zweier verschiedener Metalle Nervenreizungen auszuführen, da, wenn ein Nerv die Pole eines einfachen metallischen Electromotors verbindet, er selbst eine feuchte, nicht der Spannungsreihe angehörige Schicht bildet. Bekanntlich haben die ersten Galvanisten fast ausschliesslich sich zu Nervenreizungen solcher einfacher Electromotoren bedient.

gesetzte, offene Säule mit einem Kupferdraht zur Kette schliessen, so würde man doch nur eine einelementige geschlossene Kette erhalten; denn es würden sich die beiden Berührungsstellen bei 4 und die neu zu bildende gegenseitig zerstören.

In der geschlossenen Kette nun gleichen sich die beiden gespannten Electricitäten *fortwährend* aus, indem die electromotorische Kraft continuirlich thätig ist und in dem Masse, als sich die Spannungen ausgleichen, in einem fort neue Electricitäten erzeugt. Man stellt sich diesen Vorgang der Ausgleichung unter dem Bilde des gegenseitig in einander Ueberfliessens beider Electricitäten vor und ist übereingekommen, durch die Angabe, nach welcher Seite hin die positive Electricität fliessend gedacht wird, die sogenannte *Richtung* des galvanischen Stroms zu bezeichnen.

Der galvanische Strom übt, wie später noch ausführlich besprochen werden soll, gewisse Wirkungen aus. Je grösser wir dieselben ausfallen sehen, desto stärkere Ströme setzen wir voraus und benutzen also jene zur Messung der *Stromstärke* oder *Stromesintensität.* Unter zweckmässiger Verwendung jener Wirkungen ist nun über den Strömungsvorgang in der Kette ermittelt worden: 1) *dass er an allen Stellen der Länge seiner Leitung, möge sie aus Flüssigkeiten oder Metallen bestehen, gleichgross ist*; 2) *dass seine Grösse unter sonst gleichen Umständen von der Beschaffenheit des zu durchlaufenden Weges abhängig ist;* 3) *dass er bei gleicher Beschaffenheit des Weges der electromotorischen Kraft proportional ist.* Indem man bei gleicher electromotorischer Kraft die Wirkungen des Stromes je nach der Natur der Leitung grösser oder geringer ausfallen sieht, schreibt man der letzteren einen geringeren oder grösseren *Leitungswiderstand* zu. Ueber die Art, wie derselbe entsteht, sind die Vorstellungen noch nicht ganz klar. Einige Forscher denken ihn sich analog dem, welchen in Röhren strömende Flüssigkeiten erleiden, andere sehen ihn als ein Resultat der Wechselwirkung an, welche die beiden strömenden Electricitäten auf einander ausüben. Die Erfahrung hat über ihn Folgendes festgestellt: 1. *Bei gleichem Querschnitt und gleichem Material ist er der Länge proportional.* 2. *Bei gleicher Länge und gleichem Material ist er dem Querschnitt umgekehrt proportional.* 3. *Bei gleicher Länge und gleichem Querschnitt ist er von den moleculären Eigenschaften des Materials abhängig.* Diesen letzteren Einfluss bezeichnet man als den *specifischen Leitungswiderstand.* Für den experimentirenden Physiologen ist es nicht unwichtig, sich einige der gröberen Verschiedenheiten zwischen den Leitungswiderständen der häufig in Anwendung kommenden Materialien zu merken und namentlich auf den Umstand zu achten, dass alle Flüssigkeiten und mit solchen durchtränkte

Substanzen, wie namentlich die pflanzlichen und thierischen Gewebe, meist einen Millionen mal grösseren galvanischen Leitungswiderstand bieten, als die Metalle. Zu diesem Zweck ist die folgende kleine Tabelle zusammengestellt worden:

Kupfer	=	1
Silber	=	0,954
Eisen	=	6,4
Neusilber	=	11,8 bis 13,3
Concentrirte Kochsalzlösung . .	=	6515000
„ Kupfervitriollösung	=	10963600.

Die drei bis dahin erwähnten, auf den Leitungswiderstand bezüglichen Sätze lassen sich, wenn der gesammte Widerstand durch W, die Länge durch l, der Querschnitt durch q, der specifische Leitungswiderstand durch s bezeichnet wird, in die eine Formel

$$W = \frac{s\,l}{q}$$

zusammenfassen.

4. *Weiter ist der Leitungswiderstand eine Function der Temperatur.* Bei den Metallen nimmt er mit wachsender Temperatur zu, bei den Flüssigkeiten dagegen ab. 5. Endlich erweist er sich auch noch abhängig von der *Form* des Leiters, so dass dasselbe Volum eines Leiters, bei gleicher Länge und gleichem *mittleren* Querschnitt in verschiedene Formen gebracht, einen verschiedenen Leitungswiderstand erzeugt.

Die vorher erwähnte Abhängigkeit der Stromstärke von der electromotorischen Kraft und dem Leitungswiderstand, welche sich durch die einfache Formel

$$S = \frac{E}{L},$$

worin S die Stromstärke, E die electromotorische Kraft, L den Leitungswiderstand bedeutet, ausdrücken lässt, nennt man das Ohmsche Gesetz, nach seinem Entdecker Ohm so genannt, der es im Jahre 1827 in einer so wichtig gewordenen Schrift: „die galvanische Kette“, zuerst bekannt machte.

Mit dem Begriffe der Stromesstärke oder Stromesintensität muss man den der *Stromdichte* nicht verwechseln. Da in der geschlossenen Kette an jedem ihrer Punkte die von ihr ausgeübten Wirkungen gleich sind, also auch durch jeden beliebig gewählten Querschnitt in der Zeiteinheit dieselbe Electricitätsmenge fliesst, so muss je nach der verschiedenen Grösse der Querschnitte an verschiedenen Stellen des Stromleiters die dieselben passirende Electricitätsmenge mehr oder weniger dicht zusammengedrängt sein. Je kleiner also der Querschnitt, desto dichter in

ihm die sich durch denselben bewegende Electricitätsmenge. Man pflegt daher durch

$$d = \frac{s}{q}$$

die *Stromdichte* zu bezeichnen, wenn s die Stromstärke und q die Grösse des ins Auge gefassten Querschnittes bedeuten.

Mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes lassen sich die folgenden beiden wichtigen Beziehungen zwischen Stromstärke, Leitungswiderstand und electromotorischer Kraft einsehen. Von ihnen macht der experimentirende Nervenphysiolog täglichen Gebrauch.

1. Bietet der in die Kette eingeschaltete Schliessungsbogen einen sehr *grossen* Widerstand im Vergleich zu dem der ersteren selbst, wie es durchgängig bei neurologischen und thierisch electrischen Versuchen überhaupt, wegen des grossen Widerstandes der thierischen Theile, der Fall ist, so erhält man eine Vergrösserung der Stromstärke nur durch eine *Vermehrung der Anzahl* der electromotorischen Elemente. Denn zufolge des Ohmschen Gesetzes hat man, wenn der Leitungswiderstand des Schliessungsbogens durch λ und der eines Elementes durch L bezeichnet wird,

$$S = \frac{E}{L + \lambda}.$$

Fügt man n Elemente hinter einander zusammen, so erhält man

$$S = \frac{n E}{n L + \lambda},$$

woraus ersichtlich, dass, wenn n L gegen λ als verschwindend angesehen werden kann, gemäss

$$S = \frac{n E}{\lambda}$$

eine mit der Anzahl der Elemente proportionale Zunahme der Stromstärke erreicht wird. Ist dagegen der Leitungswiderstand des Schliessungsbogens im Vergleich zu dem der Kette sehr klein, so dass λ als nahe zu verschwindend gegen n L erscheint, so wird nach

$$S = \frac{n E}{n L + \lambda} = \frac{E}{L}$$

mit der Zunahme der *Anzahl* der Elemente keine Zunahme der Stromstärke entstehen.

2. In diesem Falle kann aber eine Verstärkung des Stromes durch eine Vergrösserung der Elemente erhalten werden. Denn dann wird der Widerstand L durch n malige Vergrösserung eines Elementes in den Widerstand $L' = \frac{L}{n}$ umgewandelt, und die Formel $S = \frac{E}{\frac{L}{n} + \lambda} = \frac{n E}{L}$

besagt, dass auf diese Weise die Stromstärke $S = \frac{E}{L + \lambda} = \frac{E}{L}$, welche dem n mal kleinern Electromotor zukommt, nahezu n mal grösser geworden sei.

Prüft man den Schliessungsbogen der galvanischen Kette an verschiedenen Stellen mit feinen electroscopischen Werkzeugen, so findet man, dass auf demselben *freie Spannungselectricität* nach einem bestimmten Gesetze angehäuft ist. Besteht der Schliessungsbogen aus einem überall gleichbeschaffenen Leiter, so ergiebt sich für dessen Mitte ein Indifferenzpunkt mit der Spannung Null, von welchem aus nach dem positiven und negativen Pol hin auf gleiche Strecken der Leitung um gleich viel zunehmende Spannungen positiver und negativer Electricität gefunden werden. Ist der Kreis aus Leitern von verschiedenen Widerständen zusammengesetzt, so nehmen die Spannungen so oft um gleich viel zu, als die Widerstände um gleich viel wachsen. Schliesst man eine und dieselbe Kette durch Bögen von verschiedenem specifischem Leitungswiderstande, so fällt auf gleiche Strecken in beiden Bögen der Spannungsunterschied umgekehrt proportional dem Gesammtwiderstand der Kette aus. Verbindet man endlich durch denselben Schliessungsdraht die Pole von Ketten verschiedener electromotorischer Kraft, so findet man auf gleichen Strecken den electromotorischen Kräften proportionale Spannungsunterschiede. Ohm, welcher in seinem schon erwähnten Buche über die galvanische Kette diese Sätze zuerst aufgestellt hat, nahm an, dass die auf der Oberfläche des Leiters bestehenden Spannungsunterschiede an einem bestimmten Orte *an jedem* Punkte des daselbst angelegten *Querschnittes* vorhanden wären und dass die durch denselben fliessende Electricitätsmenge den Spannungsdifferenzen entspreche, welche auf beiden Seiten, gleichfalls durch die ganze Dicke des Leitungsdrahtes, herrschen und suchte eben hierin die Triebkraft des Stromes für alle Stellen der Leitung. Dies widerspricht jedoch den Erfahrungen, welche man anderweitig über die Vertheilung der Electricität auf der Oberfläche eines Leiters, sobald ein stationärer Zustand jener eingetreten ist, gemacht hat, die dahin ausfallen, dass alsdann im Innern des Leiters keine *freie* Electricität vorhanden ist. Von diesen ausgehend hat Kirchhoff eine andere Theorie des electrischen Stromes entwickelt, zufolge deren die Triebkraft desselben nur in der Electricität zu suchen ist, welche sich *frei* auf der Oberfläche des Leiters befindet. Wer sich nähern Aufschluss über diese Theorie verschaffen will und hinlängliche, mathematische Vorbildung besitzt, um es zu können, findet sie in Poggendorff's Annalen Bd. 78. S. 506 auseinandergesetzt.

Wenn die Schliessung einer galvanischen Kette durch mehrere Leitungen zu derselben Zeit geschieht, so theilt sich der Strom in denselben nach Massgabe der Widerstände, welche sich seiner Bewegung entgegensetzen. Hierauf gründet sich das von du Bois-Reymond auf ein zuerst von Poggendorff angegebenes Schema hin erfundenen *Rheochord* *). Dasselbe hat für Physiologen den Zweck, electrische Ströme in ihrer Einwirkung auf thierische Theile zu irgend welchem Zweck bezüglich ihrer Stärke innerhalb sehr weiter Grenzen abzustufen. Wegen des ungemein grossen Widerstandes, den die Nerven bieten, reicht man dazu natürlich mit einer einfachen Einschaltung von dünnen, langen Drahtmassen in den Stromkreis nicht aus. Zwar hat man versucht **), die nothwendigen starken Widerstände durch lange Flüssigkeitssäulen von verhältnissmässig geringem Querschnitt herzustellen; es haben aber derartige *feuchte Rheostaten* bei den Physiologen keinen Anklang gefunden. Für den mit den Grundsätzen der Electricitätslehre Vertrauten liegen in der That auch die Fehlerquellen, welche derartige Einrichtungen mit sich führen, auf der Hand. Dieselben sind für die Harless'sche Vorrichtung von du Bois-Reymond ***) zusammengestellt worden.

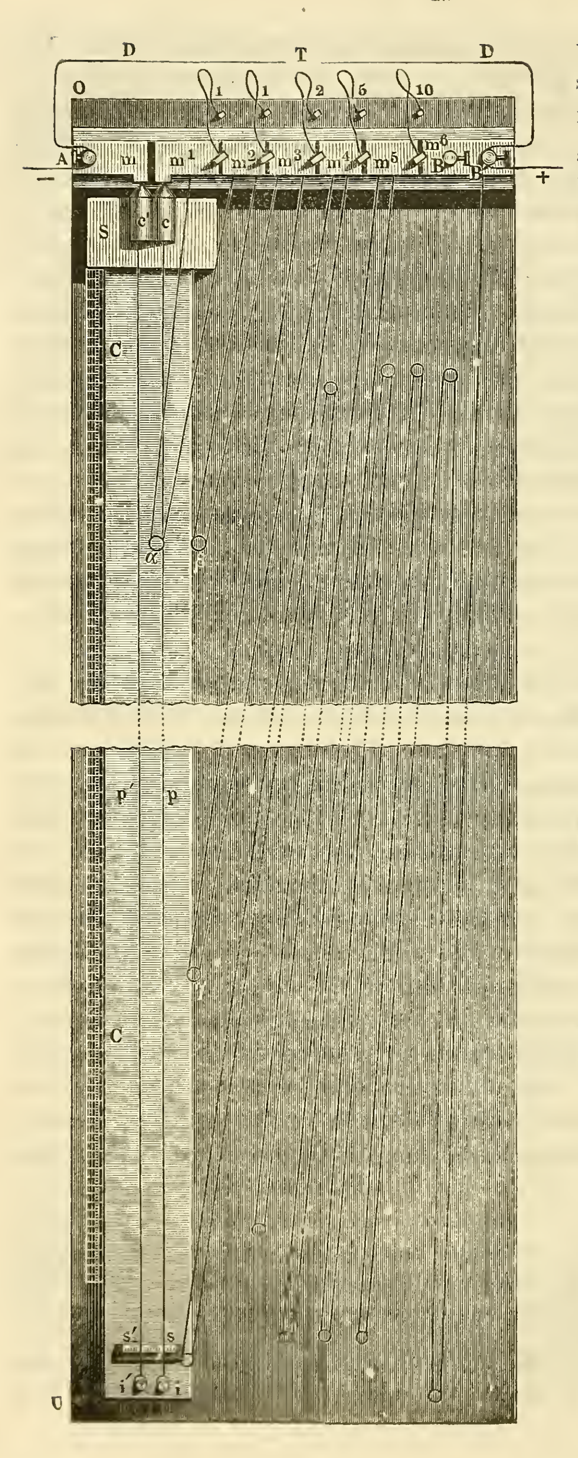
Um nun genauer auf das Rheochord des letzteren selbst näher einzugehen, so beruht dasselbe auf dem Princip, eine Kette durch 2 Bahnen zu schliessen, von denen die eine mittelst besonderer Vorrichtungen mit einem *veränderlichen Widerstand* versehen wird, was zur Folge hat, dass, entsprechend der Anwendung eines grösseren oder geringeren Theils desselben, die *Stromstärke* in der anderen entsprechend wechselt. Das Instrument ist in der beistehenden Figur (f. S.) abgebildet. Man denke sich einen umgestürzten Kasten von circa 1200mm Länge, 180mm Breite und 50mm Höhe. Auf der dann dem Beobachter zugekehrten Seite des Bodens finden sich zwei, etwa je 1m lange, dünne Platindrähte p p' ausgespannt. An dem unteren Ende U des Instrumentes gehen sie über einen gemeinsamen Steg s s' von Stahl und sind jenseits desselben mittelst zweier Schrauben i i' befestigt. Am oberen Ende O steht der Draht p' mit der doppelt durchbohrten Schraubenklemme A, welche auf dem Messingstück m festsitzt, in leitender Verbindung, während p zu dem von dem

---

*) Beschreibung einiger Vorrichtungen und Versuchsweisen zu physiologischen Zwecken. Aus den Abh. der k. Academie d. Wissenschaften zu Berlin. 1862. S. 123.

**) Harless, Molekuläre Vorgänge in der Nervensubstanz. Abhandlungen der k. bayer. Academie d. Wissensch. 1858. II. Cl. VIII. Bd. II. Abth.

***) Beschreibung einiger Vorrichtungen und Versuchsweisen zu physiologischen Zwecken. Aus den Abh. der k. Acad. d. Wissensch. zu Berlin. 1862. S. 119.



vorigen isolirten Messingstück m^1 geht. Parallel mit dem letzteren und gleichfalls von einander isolirt, trägt der Apparat ebenfalls am obern Ende noch die Messingstücke m^2, m^3 . . . m^6. Das letztere trägt zwei doppelt durchbohrte Schraubenklemmen B und B^1, von denen jedoch nur eine für den gewöhnlichen Gebrauch bestimmt ist, während die andere benutzt wird, wenn das Rheochord noch anderen, besonderen Zwecken dienen soll. Die beiden Platindrähte p p′ gehen durch zwei mit Quecksilber gefüllte Stahlcylinder c c′, von denen ein jeder an dem breiten Ende mit einem fein durchbohrten Kork verschlossen, am anderen, abgerundeten Ende mit einer sehr feinen Oeffnung versehen ist, aus welcher das Quecksilber jedoch nur erst dann ausfliesst, wenn man auf den Kork drückt. Beide Cylinder sind auf einen Schlitten S von Messing aufgelöthet, welcher längs einer Scale C verschoben werden kann. Schlitten, Cylinder und Platindrähte sind von oben her durch eine, hier nicht gezeichnete, Längsleiste geschützt.

Von den Messingstücken sind von m^1 an bis zu m^6 je zwei durch messingene Stöpsel leitend verbindbar, welche in der Figur zwischen je zwei Messingstücken m^1 m^2, m^2, m^3 etc. im Querschnitt sichtbar sind. Endlich sind an der dem Beobachter abgekehrten Seite des Bodens des Kastens (der Boden selbst ist nicht gezeichnet) noch Neusilberdrähte in folgender Weise ausgespannt. Der erste beginnt an dem Messingstück m^1, geht um das Elfenbeinscheibchen α herum und endigt am Messingstück m^2. Er hat denselben Widerstand wie die beiden Platindrähte p p′, wenn der Schlitten am unteren Ende U steht. Der zweite, welcher denselben Widerstand, wie der vorige besitzt, nimmt seinen Anfang am Messingstück m^2, geht um das Elfenbeinscheibchen β herum und endigt am Messingstück m^3. Der dritte hat den doppelten Widerstand der beiden Platindrähte bei der angegebenen Stellung des Schlittens und geht vom Messingstück m^3 um das Elfenbeinscheibchen γ und endigt am Stück m^4. Der vierte der Widerstandsdrähte beträgt das Fünffache der schon mehrfach erwähnten Drähte und geht vom Stück m^4 in der gezeichneten Weise zu m^5. Der letzte bietet den zehnfachen Widerstand mit einem Verlauf, der unmittelbar aus der Zeichnung klar ist. Damit bei den Verbindungen der Messingstücke durch die metallenen Stöpsel kein Irrthum unterlaufe, sind letztere an Schnüren befestigt und mit den Zahlen 1, 1, 2, 5, 10 versehen, welche die durch sie einzuführenden Widerstände bedeuten. Der Gebrauch des Rheochords ist nun einfach folgender: Der eine, z. B. positive, Pol der Kette ist mit der Schraubenklemme B′ verknüpft. Von hier führt der eine kurze, fast widerstandslose Weg durch die mittelst der Messingstöpsel verknüpften Messingstücke direct zum negativen Pole in der Schraubenklemme A, wenn der Schlitten auf dem Nullpunkt der Theilung steht, so dass die abgerundeten Enden der Cylinder leitend den Messingstücken m und m^1 anliegen. Ausserdem führt von B^1 aus ein anderer Weg, der durch den Bogen D gegeben ist, und in welchen man an beliebiger Stelle, etwa bei T, die dem Strom auszusetzenden thierischen Theile einschaltet, je nach Bedürfniss mit oder ohne eine, die Polarisation beseitigende Vorrichtung. Wie in der Zeichnung die Widerstände des Rheochords angeordnet sind, ist im Kreis D nur ein unmerklicher Strom vorhanden, vorausgesetzt natürlich, dass die Kette nicht von übermässiger electromotorischer Kraft ist. Bei der Entfernung des Schlittens gegen das Ende U hin wächst die Stromstärke in D, indem durch Einschaltung der Widerstandsdrähte p p′ in die andere Strombahn daselbst die Stromstärke verringert wird. Mit Hilfe der beschriebenen Einrichtungen kann man den Widerstand ein bis zwanzig mal so gross machen, als den, welchen die beiden Platindrähte bilden und ausserdem noch beliebige Bruchtheile, die durch Ver-

schiebung des Schlittens herzustellen sind, einführen. Sollte z. B. der sechsfache Widerstand von dem, welchen die Platindrähte bilden, verlangt werden, so würde einfach der Stöpsel 5 auszuziehen und der Schlitten an das untere Ende der Scale zu rücken sein. Dann würde die eine Stromabtheilung von B^1 direct durch die, keinen erheblichen Widerstand bietenden, Messingstücke m^6, m^5, dann durch den, einen fünffachen Widerstand bietenden Draht, welcher zwischen den Messingstücken m^5 und m^4 ausgespannt ist, und schliesslich von m^4 durch m^3, m^2, m^1 und durch p' p nach m und A gehen.

Viel complicirter gestalten sich die Strömungsvorgänge, wenn beliebig viele, lineare Leiter in beliebiger Weise mit einander verknüpft sind, und weitere, besondere Schwierigkeiten bieten die Fälle dar, in welchen körperliche Leiter und eine beliebige Anzahl und beliebig vertheilte electromotorische Kräfte vorhanden sind. Aber für den Physiologen sind gerade die letzteren von besonderer Bedeutung, da die Nerven und Muskeln körperliche Leiter mit in ihrem Innern vorhandenen electromotorischen Kräften darstellen. Für die Behandlung von Fällen der letzteren Art ist von Helmholtz *) eine Anzahl von Sätzen gefunden worden, die für uns von besonderem Werthe sind. Wir theilen den Inhalt einiger derselben mit und überlassen es dem Leser, die Beweisführung derselben in der unten citirten Abhandlung nachzulesen. Diese sind:

1. *Das Gesetz von der Superposition der electrischen Ströme.* Dies sagt aus, dass in einem beliebigen System von Leitern, in welchem an verschiedenen Stellen electromotorische Kräfte vorkommen, die Spannung an einem beliebigen Punkte gleich ist der algebraischen Summe derjenigen Spannnungen, welche eine jede einzelne electromotorische Kraft unabhängig von den anderen an jenem Punkte hervorbringen würde. Die Stromintensität, welche in einer bestimmten Richtung herrscht, kann man in drei zu einander rechtwinkliche Componenten zerlegen; unser Gesetz sagt dann noch weiter aus, dass in dem unterstellten Falle die Intensitäten der drei rechtwinklichen Componenten jedesmal der Summe der entsprechenden Componenten gleich sind, welche den einzelnen electromotorischen Kräften angehören.

2. *Das Princip von der electrischen Oberfläche.* Es heisst: Für jeden Leiter A, in dessen Innerem electromotorische Kräfte beliebig vertheilt sind, lässt sich eine bestimmte Vertheilung electromotorischer

---

*) H. Helmholtz. Ueber einige Gesetze der Vertheilung electrischer Ströme in körperlichen Leitern, mit Anwendung auf die electrisch thierischen Versuche. Poggendorff's Annalen Bd. 89. S. 211 und 353.

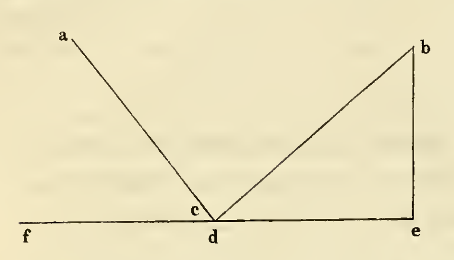
Kräfte in seiner Oberfläche angeben, welche in jedem angelegten Leiter B dieselben abgeleiteten Ströme, wie die im Innern von A vertheilten Kräfte hervorbringen würde.

§. 3.

Wirkungen des galvanischen Stroms im Allgemeinen und Ablenkung der Magnetnadel durch denselben im Besonderen, Multiplicator mit astatischer Nadel, Electrogalvanometer.

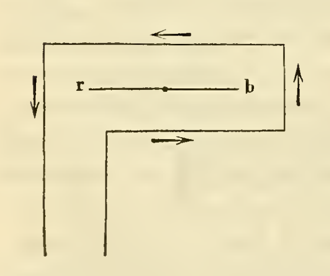
Die Wirkungen, welche der galvanische Strom ausübt, sind mehrfach: er lenkt eine in seiner Nähe *aufgestellte Magnetnadel oder einen frei beweglichen, von demselben oder einem anderen Strome durchflossenen Leiter ab; magnetisirt weiches Eisen und Stahl,* falls er in isolirten Windungen um beide herum läuft; *erwärmt alle* und *zersetzt* die *flüssigen Leiter,* unter gewissen Bedingungen *führt er die letzteren auch mechanisch fort;* in geschlossenen und offenen, zu Spiralen aufgewickelten Drahtmassen erzeugt er *Strom-* und *Spannungserscheinungen (Induction);* um *durchsichtige* Körper herumlaufend, ändert er den Durchgang des Lichtes durch dieselben ab, was an einer *Drehung der Polarisationsebene* erkannt wird; endlich übt er besondere Einflüsse auf *lebendige Nerven und Muskeln* aus, wenn er durch dieselben hindurchgeführt wird, *physiologische Wirkungen.* Die zuletzt angeführten Effecte werden später in der eigentlichen Nervenphysiologie beschrieben werden; von den anderen heben wir nur diejenigen und diese insoweit hervor, als dieselben für den Nervenphysiologen von Werth sind. Wir beginnen mit der Einwirkung des Stromes auf eine in seiner Nähe befindliche Magnetnadel. Als Fundamentalsatz dieses Gebietes gilt folgender: *Der Druck, welchen der electrische Strom auf die Magnetnadel ausübt, geschieht immer senkrecht gegen die electromagnetische Wirkungsebene.* Letztere ist eine Ebene, welche man sich durch einen Pol der Nadel und zwei Punkte des geradlinig an demselben vorbeilaufenden Stromleiters gelegt denkt. So lange daher der ablenkenden Kraft des Stromes keine andere Kraft entgegenwirkt, muss sich eine Magnetnadel, wenn ein Strom parallel ober- oder unterhalb derselben verläuft, senkrecht auf die Richtung desselben stellen, wie dies z. B. in der That der Fall ist mit einer Magnetnadel, welche dadurch, dass ihre Schwingungsebene senkrecht auf der Inclinationsebene des Ortes steht, der *erdmagnetischen* Kraft entzogen ist. Durch Anwendung dieses Grundsatzes kann man sich leicht eine Vorstellung über die Wirkungsgrösse des Stromes für jede beliebige Lage des Stromleiters zur Magnetnadel machen. Es sei in der bei-

stehenden Figur d der Nordpol der Nadel, f d eine Linie ihrer Schwingungsebene, a ein Punkt der geraden, senkrecht gegen die Ebene des Papiers angelegten Strombahn; dann ist a d eine Linie in der electromagnetischen Wirkungsebene, welche mit der Schwingungsebene der Nadel den Winkel c bildet; mithin geschieht der Druck auf d in der auf a d senkrechten Richtung d b. Die Grösse J dieser Kraft lässt sich aber in b e und d e zerlegen, von denen erstere im Stützpunkt der Nadel verloren geht und nur die horizontale Composante d e = J . sin c zur Wirksamkeit gelangt; d. h. *die ablenkende Kraft des Stromes ist proportional dem Sinus des Winkels zwischen der Schwingungsebene der Nadel und der electromagnetischen Wirkungsebene des Stromes.* Ist c = 90⁰, d. h., steht die electromagnetische Wirkungsebene *senkrecht* auf der Schwingungsebene, so ist sin c = 1 und d e = J erhält sein Maximum; ist dagegen c = 0, d. h. lauft der Stromleiter in gleicher Höhe mit der Nadel parallel mit ihr, so ist auch die ablenkende Kraft des Stromes gleich Null. Diese Betrachtungen enthalten den Grund dafür, dass in allen galvanometrischen Messwerkzeugen der Strom in einer zur Horizontalebene senkrechten Bahn geführt ist; denn es ist am leichtesten eine Magnetnadel ohne bedeutende Widerstände in *horizontaler* Richtung schwingen zu lassen.



Das vorerwähnte Gesetz sagt durchaus Nichts aus über die *Richtung,* nach welcher hin sich der eine oder andere Pol der Nadel bewegt. Aber auch diese ist erfahrungsmässig bestimmt. Man hat dafür verschiedene Ausdrücke gewählt. Der für unsere Zwecke passendste, wenn auch vielleicht gerade nicht wissenschaftlichste, ist dieser: *Man denke sich im positiven Strom schwimmend, den Kopf voran, die Nadel im Auge, so wird der Nordpol stets nach links abgelenkt.*

Das Multiplicatorgewinde. Ist r b Fig. 4 eine Magnetnadel und wird ein Stromleiter ober- und unterhalb derselben hergebogen, so wirken beide Drahttheile in *demselben Sinn* ablenkend auf die Nadel ein. Hat z. B. der Strom die vom Pfeil angedeutete Richtung, so wird sich der Nordpol b senkrecht vor die Ebene des Papiers zu stellen streben.



Mit der Anzahl der um die Nadel gelegten Windungen vermehrt sich die Grösse ihrer Ablenkung, natürlich nicht

genau proportional, weil die einzelnen Windungen sich in immer andern Lagen und Entfernungen von der Nadel befinden. Jedes Instrument, in welchem auf diese Weise die Wirkung des Stromes vergrössert dargestellt wird, gleichgiltig, welches seine weitere Einrichtung behufs etwaiger, besonderer Zwecke sei, heisst *Multiplicator*. Dieser ist mithin für den galvanischen Strom etwa dasselbe, was das Microscop dem Auge für sehr kleine Gegenstände ist. Ein jedes galvanometrische Instrument wird daher je nach dem besonderen Zwecke, dem es dienen soll, einen Multiplicator von einer geringeren oder grösseren Windungsanzahl besitzen können.

Je nach der Besonderheit nun der zu untersuchenden Ströme müssen die Multiplicatoren verschiedene Einrichtungen besitzen: sie müssen entweder nur *einige Windungen eines kurzen, dicken,* oder *sehr viele eines langen, dünnen Drahtes haben.* In dieser Beziehung ist aber vor allen Dingen festzuhalten, *dass in galvanischen Ketten von grossem Widerstand, Multiplicatoren mit langem, dünnem, dagegen in solche von geringem Widerstand solche mit kurzem, dickem Draht einzuschalten sind.* Diese Regel ergiebt sich aus folgender Ueberlegung. Nehmen wir an, man habe eine Kette, deren grosser Leitungswiderstand gleich sei einem x^{mtr} langen und $\frac{1^{mm}}{n}$ dicken Draht. Fügt man in dieselbe noch einen eben so langen und dicken Draht, so wird zwar die frühere Stromstärke $S = \frac{k}{x}$ auf die Hälfte, nämlich $S = \frac{k}{2\,x}$ reducirt; allein es lassen sich mit diesem Drahtstück sehr viele Windungen, wenn z. B. eine Windung $\frac{1}{m}$ Meter beträgt, mx solcher machen. Würde man anstatt des $\frac{1^{mm}}{n}$ dicken Drahtes einen 1 Meter langen und 1^{mm} dicken Draht angewandt haben, so würde allerdings die frühere Stromstärke $S = \frac{k}{x}$ nach $S = \frac{k}{x + \frac{1}{n}}$ fast gar keine Abnahme erlitten haben; allein man kann mit diesem Draht auch nur m Windungen machen. Die Wirkungen auf die Nadel werden daher dargestellt:

$$\text{im ersten Fall durch: } \frac{m\,x\,.\,k}{2\,x} = \frac{m\,k}{2},$$

$$\text{im zweiten Fall durch: } \frac{m\,k}{x + \frac{1}{n}} = \frac{m\,k}{x},$$

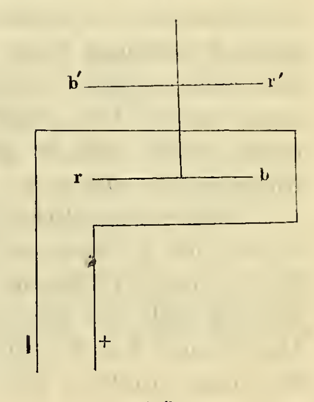
woraus ersichtlich, dass die Wirkung im letzten Fall um eben so viel kleiner ist als im ersten, als x an Grösse die Zahl 2 übertrifft, d. h. vollkommen unbedeutend dagegen. Durch eine ähnliche Betrachtung lässt sich auch der andere Theil der oben angeführten Regel einsehen.

Beide Arten von Multiplicatorgewinden finden in der Physiologie Anwendung; die mit kurzem, dickem Draht — *Thermomultiplicator* — bei der Darstellung von Temperaturdifferenzen verschiedener Körperstellen und der Wärmeentwickelung bei der Muskelaction, die mit langem, dünnem Draht bei all denjenigen Versuchen, welche erfordern, dass die einen sehr grossen Widerstand bietenden Gewebetheile des thierischen Körpers mit in den Kreis der Kette eingeschaltet werden.

Da, wie wir später sehen werden, in der Nervenphysiologie es sich wesentlich um die Untersuchung sehr schwacher, an der überaus schlecht leitenden Nervensubstanz auftretender Ströme handelt, so hat man sich bemüht, die Leistungsfähigkeit multiplicatorischer Vorrichtungen bis aufs Aeusserste zu treiben. Ausser der zu Gebote stehenden Vermehrung der Drahtwindungen, welche wegen des ungemein grossen Widerstandes der feuchten, dünnen Nerven bis zu weiten Grenzen getrieben werden kann, hat man die Anwendung eines in zwei Methoden auslaufenden Grundsatzes verfolgt, dessen practische Ausführung zur Construction zweier für die Nervenphysik wichtiger Instrumente geführt hat, nämlich des *Multiplicators mit Doppelnadel* und des sogenannten *Electrogalvanometers.* Der Grundsatz von welchem dabei auszugehen ist, liegt in dem Umstand, dass die Magnetnadel eines electromagnetischen Werkzeugs sich stets unter dem Einfluss zweier, entgegengesetzter Kräfte, der des Stromes und des Erdmagnetismus, befindet, und dass man der ersteren ein relatives Uebergewicht verschaffen kann, wenn man die letztere verkleinert. Eins der Mittel, dies zu thun, könnte darin bestehen, die Nadel in einer Ebene schwingen zu lassen, welche *nahezu* senkrecht auf der Inclinationsebene des Ortes stünde, weil auf eine solche Nadel der Erdmagnetismus fast gar keine Wirkung mehr ausübt, wenn es möglich wäre, für eine solche Einrichtung eine hinlänglich feine, keine der ablenkenden Kraft des Stromes besondere Widerstände bietende Aufhängungsart zu beschaffen, abgesehen von manchen anderen Unbequemlichkeiten, welche ein derartiger Apparat bieten würde. Man hat daher nach einander zu zwei anderen Mitteln gegriffen. Diese ergeben sich einfach aus folgenden Bemerkungen. Die Empfindlichkeit einer Magnetnadel wird durch die Grösse des Ablenkungswinkels gemessen, den ein electrischer Strom hervorbringt. Da nun die Stromkraft S auf den Magnetismus m der Nadel und der Erdmagnetismus T auf denselben Magnetismus m wirkt, so wird die Grösse der ablenkenden Kraft des Stromes durch $\frac{S\,m}{T\,m} = \frac{S}{T}$ dargestellt. Hieraus ist ersichtlich, dass dieselbe vom Nadelmagnetismus *unabhängig* ist. Man kann nun für diesen Fall der Anwendung einer einfachen Magnetnadel die ablenkende Kraft

des Stromes durch eine Verminderung von T vergrössern und zwar dadurch, dass man in der Richtung des magnetischen Meridians einen Magnetstab, *Hilfsmagneten,* anbringt, der mit seinen Polen umgekehrt liegt, als der ideelle Stab, durch welchen man sich die erdmagnetische Kraft repräsentirt denken kann. Dann greift die Stromkraft am gesammten Magnetismus der Nadel an, während die erdmagnetische Kraft durch jenen Stab beliebig verringert werden kann, indem derselbe die Magnetnadel aus dem Meridian entfernt, wohin sie der Erdmagnetismus zu drehen strebt. Dieses Princip ist für die *Spiegelboussole* ausgebildet worden, d. h. ein Multiplicatorgewinde, dessen Magnetstab einen Spiegel trägt, in welchem sich eine Scale spiegelt und dessen Ablenkung mit Hilfe eines Fernrohrs an dieser beobachtet wird. Andererseits kann man ein solches System von Magnetismus herstellen, dass die einander entgegengesetzten Kräfte des Stromes und des Erdmagnetismus auf *ungleiche* Magnetismen desselben einwirken. Dann ist der Magnetismus des Systems augenscheinlich nicht mehr gleichgiltig für die Grösse der Ablenkung, und es kann durch eine passende Wahl der von der Stromkraft und dem Erdmagnetismus anzugreifenden Nadelmagnetismen eine Vergrösserung der Ablenkung erzielt werden. Diese Ueberlegung hat zur Erfindung des *astatischen Nadelpaares* geführt. In der Nervenphysiologie ist das Multiplicatorgewinde mit letzterem *vor* der Spiegelboussole in Anwendung gekommen. Es soll daher auch zuerst vom

Multiplicator mit astatischem Nadelpaar die Rede sein. Die Doppelnadel besteht aus zwei Nadeln von nahezu gleicher magnetischer Beschaffenheit, durch ein möglichst leichtes Mittelstück in einem gewissen Abstand so über einander befestigt, dass entgegengesetzte Pole über einander zu liegen kommen. So beschäftigt der Magnetismus der einen Nadel den der andern, und der *Erdmagnetismus* findet als Angriffspunkte nur noch den Rest des Magnetismus vor, welcher wegen der *nie* herzustellenden, absoluten, magnetischen Gleichheit der Nadeln sich ohne Beschäftigung sieht. Da die Lage der Nadeln des astatischen Systems zu den Windungen des Multiplicators so wie in beistehender Figur ist, so ergibt sich unter Zuziehung der Regel S. 16, dass auf die untere Nadel die untere und obere Windungshälfte in gleichem Sinn, *überdies* auf die obere aber noch die *Differenz* der Wirkungen beider Windungshälften in *demselben* Sinne drehend einwirkt. Es wird demnach für einen Multiplicator mit astatischem Nadel-



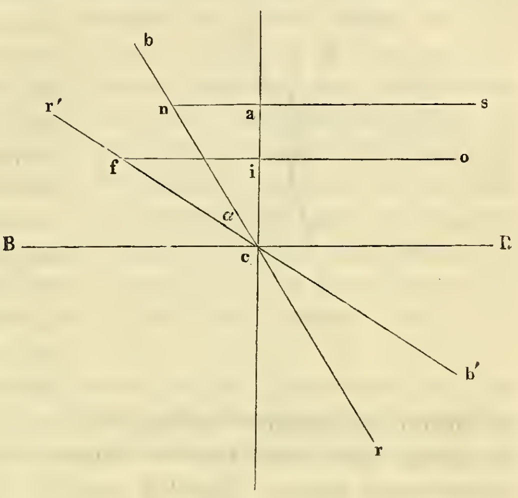
system, wenn wir die auf den Magnetismus m der unteren Nadel wirkende Stromkraft durch S, die auf den Magnetismus m' der oberen Nadel wirkende Stromkraft durch S', den Erdmagnetismus durch T bezeichnen, die Grösse der Ablenkung durch den Werth

$$\frac{S\,m + S'\,m'}{T\,(m - m')}$$

gemessen. Die Güte des Systems im Multiplicator wächst also mit der Abnahme des Unterschiedes der Nadelmagnetismen, ist aber zugleich mitbedingt durch die absoluten Magnetismen beider Nadeln.

Zu einem genauern Verständniss des Multiplicators mit astatischer Doppelnadel wird es gut sein, vorerst die wesentlichsten Eigenschaften des astatischen Systems *ausserhalb* des Multiplicatorgewindes zu betrachten. Die Erfahrung lehrt von ihm, *dass es nicht in jeder ihm ertheilten Lage im Gleichgewicht ist, sondern dass es sich, eine hinlänglich feine Aufhängungsart vorausgesetzt, unter einem gewissen Winkel gegen den Meridian stellt, in welche Stellung es immer, wenn es daraus entfernt wird, unter einer Anzahl langsamer Schwingungen zurückkehrt.* Diese Bemerkung gilt aber nur, wohl verstanden, von einem astatischen System, wie wir es herzustellen vermögen und nicht von einem *absolut* astatischen, welches nur für die Idee existirt. Man nennt die Abweichung der Gleichgewichtslage eines astatischen Systems aus der Ebene des magnetischen Meridians seine *freiwillige Ablenkung.* Der Grund derselben liegt zum grössten Theil in dem *nie vollkommenen* Parallelismus der Nadeln; ihre Grösse wird mitbedingt durch den Unterschied der Grösse der magnetischen Kräfte beider Nadeln, d. h. durch deren *Astasie.* Dies einzusehen, bedürfen wir folgender Vorbemerkung. Für eine jede Magnetnadel kann man sich statt des auf ihrer einen Hälfte überall verbreiteten freien Nordmagnetismus und des auf ihrer anderen Hälfte überall verbreiteten freien Südmagnetismus auf jeder Hälfte eine gewisse Menge Magnetismus m an irgend einem beliebigen, von dem Drehpunkt um die Länge l entfernten Punkt concentrirt denken, welche, vom Erdmagnetismus afficirt, dieselbe Bewegung der Nadel zur Folge haben würde, welche in der That stattfindet. Denken wir uns, eine solche Magnetnadel befinde sich in einer zum magnetischen Meridian senkrechten Richtung, so wirken der Nord- und Südmagnetismus der Erde auf sie in demselben Sinn drehend ein. Nennt man die magnetische Erdkraft T, so wird die Wirkung auf die Hälfte der Nadel durch T m l ausgedrückt, für die andere Hälfte der Nadel ist sie eben so gross, und das ganze von der Erde auf die Nadel ausgeübte Drehungsmoment ist T 2 m l. Das Product 2 m l = M nennt man das *magnetische Moment* der Nadel; der vorige Ausdruck wird daher T M. Dies ist das *grösste* Drehungs-

moment, welches der Erdmagnetismus auf die Nadel ausübt; denn in jeder andern Lage der Nadel zum Meridian, wie z. B. in der r′ b′, greift die Kraft P, welche in der mit dem magnetischen Meridian B R parallelen Richtung f o wirkt, nicht mehr mit dem Hebelarm $l = c\ f$, wie in dem Fall, wenn r′ b′ senkrecht auf dem Meridian steht, sondern mit dem kürzern $c\ i = \lambda$ an, und es wird jetzt das Drehungsmoment um soviel kleiner sein wie T M, als λ kleiner ist als l. Dies berechnet sich daher nach der Proportion



$$l : \lambda = T\ M : x; \qquad x = T\ M \frac{\lambda}{l} = T\ M \sin r'\ c\ B$$

Man ersieht hieraus, dass das von der Erde auf jede Magnetnadel ausgeübte Drehungsmoment proportional ist dem Sinus des Ablenkungswinkels, und in seinem Ausdruck als Constante das magnetische Moment der Nadel hat.

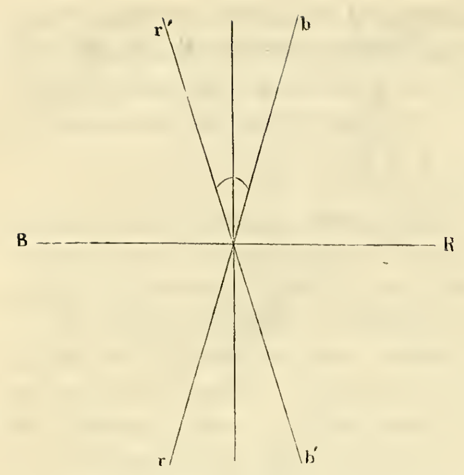
Stellen nun r b und r′ b′ die unter dem Winkel α mit einander verbundenen Nadeln eines astatischen Systems dar, so ist das auf r′ b′ ausgeübte Drehungsmoment, wenn ihr magnetisches Moment M ist, $= T\ M \sin r'\ c\ B$ und das der Nadel b r, wenn ihr magnetisches Moment $= M'$, $= T\ M' \sin b\ c\ B$. Soll Gleichgewicht bestehen, so muss sein:

$$T\ M \sin r'\ c\ B = T\ M' \sin b\ c\ B \quad \text{oder} \quad M \sin r'\ c\ B = M' \sin b\ c\ B.$$

Nennt man den Winkel $r'\ c\ B = \beta$, $b\ c\ r' = \alpha$, so lässt die Gleichung $M \sin \beta = M' \sin (\beta + \alpha)$ ersehen, *wie die Gleichgewichtslage des Systems, d. i. die Grösse des Winkels β, von den magnetischen Momenten M und M′ der beiden Nadeln, so wie von dem Winkel α, den sie mit einander bilden, abhängt.* Ist $M = M'$ d. h. sind beide Nadeln absolut gleich magnetisch, so geht die Gleichgewichtsbedingung über in

$$\sin \beta = \sin (\beta + \alpha).$$

Dies tritt dann ein, wenn $\beta = 90° - \frac{1}{2}\alpha$ und $\beta + \alpha = 90° + \frac{1}{2}\alpha$ ist, d. h. wenn, wie in der Figur der folgenden Seite, die den Winkel α halbirende Linie senkrecht auf dem Meridian steht.



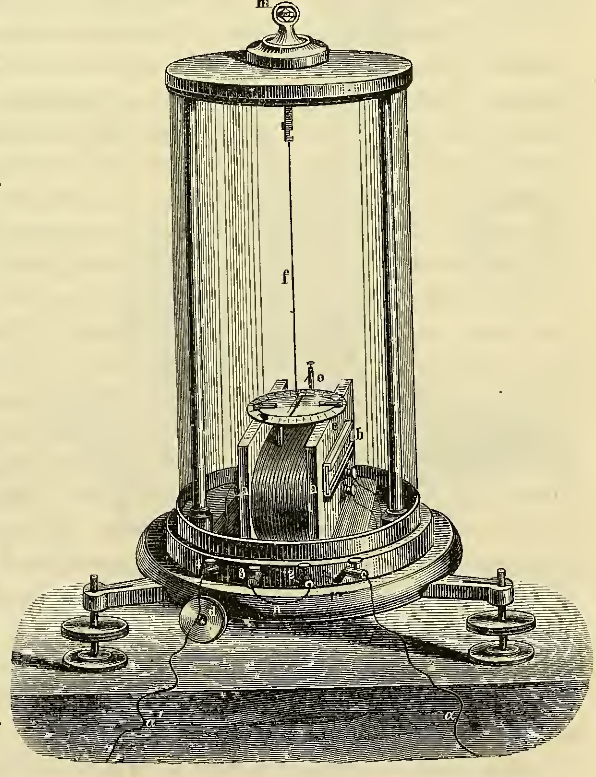
Um sich von der Grösse der Astasie eines Nadelsystems Kenntniss zu verschaffen, dient gewöhnlich die Beobachtung seiner *Schwingungsdauer*. Die Schwingungszahl einer gegebenen Magnetnadel hängt ab: von der Grösse des Erdmagnetismus am Beobachtungsort, dem Trägheitsmoment und dem magnetischen Moment der Nadel; es wird also eine Magnetnadel bei gleichem Trägheitsmoment innerhalb einer gegebenen Zeit um so mehr Schwingungen machen, einen je stärkern Magnetismus sie trägt, daher das astatische System um so *weniger, je geringer der Unterschied der Magnetismen seiner Nadeln ist, d. h. je grösser seine Astasie.* Natürlich kann die blosse Beobachtung der Schwingungsdauer keinen Vergleich zwischen *verschiedenen* astatischen Systemen gestatten, sondern nur über den jeweiligen Grad der Astasie *eines und desselben Systems* Auskunft geben *).

Wir setzen jetzt eine hinlänglich astatische Nadel voraus und hängen sie in den Multiplicator. Bleibt die Grösse der freiwilligen Ablenkung dieselbe, so stellt man leicht die drehbaren Windungen des Multiplicators parallel mit der Nadel, d. h. diese auf die Nulllinie der Theilung ein. In den *allermeisten* Fällen aber tritt eine Ablenkung durch die *Drahtmassen* des Multiplicators auf, indem die Nadel in Folge des *Eisengehaltes* des Drahtes und höchst wahrscheinlich auch oft wegen eines solchen der grünen Seide, welche zum Ueberspinnen des Drahtes benutzt wird, innerhalb des Gewindes einen andern Winkel mit dem Meridian macht, als ausserhalb. Im Allgemeinen nun giebt es für eine solche Nadel *drei Gleichgewichtslagen:* eine *labile* auf der Mittellinie und zwei *stabile* in der Nähe der beiden Diagonalen des Gewindes, welche letzteren um so weiter von der Nulllinie entfernt liegen, je astatischer das System ist. Die Nothwendigkeit des Bestehens einer *labilen* Gleichgewichtslage auf der Nulllinie sieht man sofort ein, wenn man überlegt, dass bei der geringsten Ablenkung der Nadel von dem Nullpunkt sie in sämmtlichen Eisenmolekülen derjenigen Windungshälfte, welcher sie genähert ist, einen stärkern Magnetismus inducirt, als in der ihr ferner gelegenen, dass also ihre Ablenkung auch nach dieser Seite hin sich vergrössern

*) Zur Theorie der astatischen Nadel vergleiche man: du Bois-Reymond, Untersuch. über thierische Electricität, Bd. I, S. 165 und Poggendorff's Annalen, Bd. CXII, S. 54.

wird und keine Kraft vorhanden ist, welche sie nach der Nulllinie zurückführt. Um dagegen sich von dem Vorhandensein der bezeichneten *stabilen* Gleichgewichtslagen Rechenschaft zu geben, bedarf es eines genauen Eingehens auf die Gesetze, nach welchen die Wirkungen beider Kräfte, denen die Nadel im Multiplicator ausgesetzt ist, nämlich dem Erdmagnetismus und dem Magnetismus in den Eisenmolekülen des Drahtes, dessen Vertheilung aber bei jeder Stellung der Nadel zum Gewinde eine andere ist, erfolgen. Der Anfänger mag, da ein genaueres Eingehen auf diesen Punkt nicht mit Kürze geschehen kann, die gemachte Angabe als das Resultat einer gründlichen Betrachtung hinnehmen, aber nicht unterlassen, den betreffenden Abschnitt bei du Bois-Reymond zu studiren, das Beste, was die physikalische Literatur über diesen Gegenstand aufzuweisen hat *).

Die Mittel, deren man sich bedient hat, um dennoch solche Multiplicatoren brauchbar zu machen, sind verschiedenartig. Gewöhnlich bedient man sich jetzt eines Verfahrens, welches den Namen der *Compensation* führt. Es gründet sich auf die Einsicht, dass die genannten Gleichgewichtslagen des astatischen Systems dadurch zu Stande kommen, dass die auf dasselbe innerhalb des Multiplicatorgewindes wirkende Kräfte in eine besondere Collision gerathen und besteht darin, dass man mittelst eines Magneten — *Berichtigungsstab oder Compensationsmagnet* genannt — dem astatischen System so viel von seiner Kraft raubt, dass die anziehenden Kräfte der Drahtmassen der Kraft des Erdmagnetismus gegenüber eben *unwirksam* werden.



*) Untersuchungen über thierische Electricität, Bd. I, S. 175 ff.

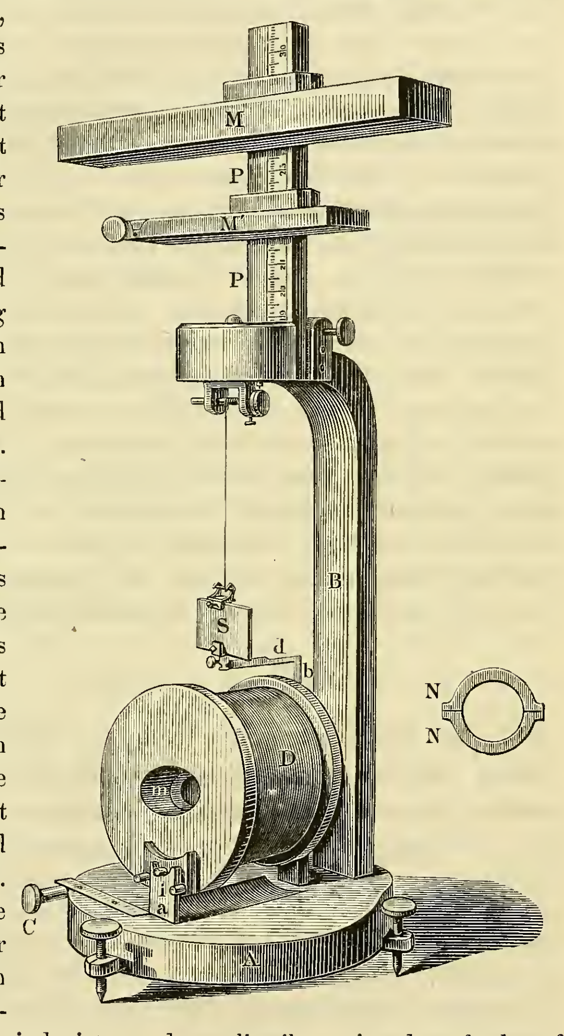
Jeder Multiplicator verträgt daher nur ein gewisses Mass der Astasie, was man mit Nobili die *Leistungsfähigkeit* desselben nennt. Das Nähere hierüber sehe man am angeführten Orte. Die vorstehende Figur zeigt ein Specimen eines Multiplicators mit Doppelnadel für thierisch-electrische Versuche, die Zeichen darin haben folgende Bedeutungen: a a ist der Rahmen, auf welchen der Draht gewickelt ist; m ist eine Schraubenvorrichtung, welche die Doppelnadel mittelst des Fadens f trägt und somit dessen gewünschte Hebung und Senkung erlaubt; b ist eine in der Mitte des Rahmens eingesetzte Glaslamelle, durch welche hindurch man sich über den Stand der unteren Nadel unterrichten kann; e ist die Theilung; o die den Compensator tragende Vorrichtung; 1, 2, 3, 4 sind Schraubenklemmen, welche dazu dienen, je nach Bedürfniss die sämmtlichen Windungen des Multiplicators oder nur ihre Hälfte in Anwendung zu setzen; in der Zeichnung sind 2 und 3 mittelst des Drahtstückes n verbunden; für diesen Fall geht ein durch die Drähte α und α' in den Multiplicator ein- und austretender Strom durch sämmtliche Multiplicatorwindungen von der einfachen Dicke des Drahtes.

Die Spiegelboussole, das Electrogalvanometer. Das Princip, auf welchem dieses Instrument beruht, wurde bereits oben, S. 19 auseinandergesetzt. Obschon dasselbe schon vom zweiten Jahrzehend unseres Jahrhunderts an bei verschiedenen Gelegenheiten in Anwendungen gekommen ist und bereits Poggendorff und Weber den ausgedehntesten Gebrauch davon gemacht haben, so ist es doch auf das Gebiet der Physiologie erst verhältnissmässig sehr spät verpflanzt worden. Meyerstein und Meissner *) haben es für physiologische Zwecke zur Grundlage der folgenden Form der *Spiegelboussole* genommen, welche sie in der derselben von ihnen ertheilten Einrichtung *Electrogalvanometer* nennen. Die nachstehende Figur zeigt das Instrument in perspectivischer Zeichnung. In ihr bedeutet A eine starke, mit drei Stellschrauben versehene Holzplatte, von deren Rand sich an einer Stelle die Säule B erhebt, welche den schwingenden Magneten und den Hilfsmagneten trägt. In die Platte sind ferner zwei Messingstreifen mit Klemmschrauben, von denen nur eine C sichtbar ist, eingefügt, welche die Zuleitungsdrähte aufnehmen. Am anderen Ende eines jeden Messingstreifens findet sich ein aufwärts gerichteter Messingvorsprung a, welcher in einem Einschnitte einen Messingzapfen i aufnimmt, mit dessen Hilfe einerseits das Multiplicatorgewinde D getragen, andererseits zugleich die Verbindung des stromführenden Messingstreifen mit den Enden des Multiplicatordrahtes her-

---

*) Zeitschrift für rationelle Medicin von Henle und Pfeuffer. III. Reihe. XI. Bd. S. 19 und Poggendorff's Annalen, IV. Reihe. XXIV. Bd. S. 132.

gestellt wird. Beim Aufstellen des Instrumentes richtet man das Holzgestell so, dass die Verbindungslinie der beiden Zapfenlager rechtwinklig auf dem Meridian steht, also die Windungen des Multiplicators und der Magnet im Meridian selbst stehen. Weiter bedeutet b einen Bügel, welcher an seinem unteren, in das Multiplicatorgewinde horizontal hineinragenden und darum in der Zeichnung nicht sichtbaren Arm den ringförmigen Magneten m und an seinem obern d den Spiegel S trägt. Letzterer kann in verschiedenem Azimuthe am Arme d gedreht und festgestellt werden, wie es gerade die Bedürfnisse des Beobachtungslocales erheischen. Der Magnet ist ringförmig, wie es die kleinere Figur daneben zeigt, oder elliptisch, eine Form, welche zuerst Weber angegeben und den folgenden Sinn hat. Das Multiplicatorgewinde ist nämlich von einer Kupferhülse umgeben, in welcher durch den schwingenden Magneten Ströme inducirt werden, die ihrerseits dämpfend auf die Bewegung der Magnetnadel zurückwirken, so dass unter ihrem Einfluss eine schwingende Magnetnadel viel rascher ihre Gleichgewichtslage einnimmt, als ohne einen solchen Dämpfer. Bei einem ringförmigen Magneten nun sind die mittleren, verhältnissmässig unwirksameren Theile entfernt, und es wirkt dadurch ein solcher Magnet im Verhältniss zu seiner Masse besonders kräftig. Der Hilfsmagnet ist in einen grösseren und kleineren gespalten. Jeder von ihnen liegt in einem Holzkästchen,



M und M' und zwar so, dass der Schwerpunkt jedesmal über den Aufhängepunct der Nadel zu liegen kommt. Beide sind an einem Prisma, P, das eine Scala trägt, in verticaler Richtung verschieb- und feststellbar. Das Prisma selbst ist überdies um seine verticale Axe drehbar. Mit Hilfe dieser Vorrichtungen kann man dem ringförmigen Magneten des Multiplicatorgewindes jeden nur wünschenswerthen Grad von Astasie geben und denselben zu gleicher Zeit auch seine Gleichgewichtslage im magnetischen Meridian nehmen lassen. Die stärkere oder geringere Einwirkung der Hilfsmagnete auf den Ringmagnet entfaltet man durch deren verticale Verschiebung am Prisma P; wohingegen die Einstellung derselben in den Meridian theils durch die gröbere drehende Bewegung des Prismas P um seine verticale Axe, theils durch eine feinere Drehung des unteren kleineren Hilfsmagneten in seinem Kästchen (und dies ist eben der Sinn der Zerlegung des Hilfsmagneten in einen oberen stärkeren und unteren kleineren) bewerkstelligt wird. Die Ablenkungen werden mit Fernrohr und Scale beobachtet. Ueber diesen letzteren Punkt können wir hier keine weitere Anleitung geben. Man muss sich die dazu nothwendigen Regeln durch Arbeit in dem Laboratorium eines in dieser Angelegenheit erfahrenen Physikers oder Physiologen aneignen, oder mit Benutzung der Arbeiten von Poggendorff*) und Gauss**) sich selbst mit ihnen vertraut zu machen suchen.

§. 4.

Von den Erscheinungen, wenn der galvanische Strom Flüssigkeiten durchsetzt. Uebergangswiderstand, galvanische Polarisation, Vermeidung derselben, constante Ketten, innere Polarisation feuchter Leiter, secundärer Widerstand.

Kein, auch nicht der schwächste, galvanische Strom kann eine Strecke eines flüssigen Leiters durchziehen, ohne dass dieser dabei zersetzt wird. Dies giebt sich auf die Weise kund, dass an den in die Flüssigkeit eintauchenden Polen der Kette Zersetzungsproducte ausgeschieden werden. Die Zersetzung selbst wird *Electrolyse* und der zu zersetzende Körper *Electrolyt* genannt, während die in die Flüssigkeit eintauchenden Pole *Electroden* heissen, von welchen man die die positive Electricität tragende *Anode,* die andere *Kathode* nennt. Für die an den Electroden auftretenden Zersetzungsproducte ist der Name *Jonen* in

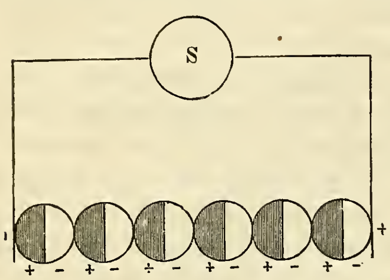
*) Poggendorff's Annalen, Bd. VII, S. 121.

**) Göttinger gelehrte Anzeigen. 1833. Nr. 205—207.

Gebrauch, welche je nachdem sie an der *Anode* oder *Kathode* erscheinen, als *Anionen* und *Kationen* unterschieden werden. Je nach der Natur der Electrolyte und der Electroden treten nun aber in einem solchen Stromkreis sehr verschiedene Erscheinungen auf.

1. Sind die Electroden und die an ihnen ausgeschiedenen Zersetzungsproducte der Art, dass sich an ersteren dauernd fremde Stoffe ablagern, so wird durch die Adhäsion letzterer an jenen eine Aenderung der ursprünglichen Stromstärke bewirkt und zwar auf die doppelte Weise, dass entweder beide Jonen, oder, wie gewöhnlich, nur eine, durch besondere Leistungsgüte oder Widerstand, verglichen mit dem bereits im Kreise vorhandenen Widerstand, die ursprüngliche Stromstärke ändern, oder dass jener Contact der Sitz einer neuen, besonders fühlbaren, electromotorischen Kraft wird. Natürlich kann auch Beides zugleich vorkommen, in der Regel wirken aber die Jonen vorzugsweise nur auf die eine oder andere Weise. Die erstere Wirkung wird *Uebergangswiderstand,* die letztere *galvanische Polarisation* genannt. Als ein Beispiel von Uebergangswiderstand diene das schlecht leitende Kupferoxyd, welches sich an der positiven Electrode abscheidet, wenn man Schwefelsäure zwischen Kupferelectroden zersetzt. *Erhöht* der Uebergangswiderstand den bereits in der Kette vorhandenen, so heisst er *positiv,* wenn das Gegentheil stattfindet, *negativ.* Was die galvanische Polarisation anlangt, so werden, da ihre Ursache eine Combination verschiedener Electromotoren darstellt, ihre Eigenthümlichkeiten von all denjenigen Umständen abhängen, welche von Einfluss auf die electromotorischen Kräfte sind, also namentlich von der Natur der Electroden, den ausgeschiedenen Zersetzungsproducten, sowie weiterhin auch von der Temperatur. In der Regel hat der durch die Polarisation erzeugte Strom die *umgekehrte* Richtung von dem, der die Zersetzung herbeiführte. Bei der Anwendung von eisernen Electroden in verdünnter Schwefelsäure hat man nach längerem Schluss der Kette den Polarisationsstrom im Sinne des primären laufend beobachtet; ebenso beim amalgamirten Zink in Brunnenwasser und beim Kupfer in Kupfervitriollösung unter Anwendung von primären Strömen geringer Intensität. Man bezeichnet die letztere Polarisation als *positive,* gegenüber der gewöhnlichen, welche man die *negative* nennt. Man stellt sich den Hergang dieser Zersetzung nach einer zuerst von Grotthuss gegebenen Theorie folgendermassen vor. Man denkt sich ein jedes Flüssigkeitsmolekül aus zwei Theilen, einem electronegativen und einem electropositiven zusammengesetzt. Ist nun, etwa so, wie es die umstehende Figur andeutet, die positive Electricität in dem positiven Pole bis an dessen Ende vorgedrungen, so werden die denselben unmittelbar berührenden Flüssigkeitstheilchen in

eine solche Stellung gebracht, dass ihre negativen Bestandtheile sich dem positiven Pol als die entgegengesetzte Electricität tragend, zukehren, während sich



ihre positiven nach der entgegengesetzten Seite wenden, die nächsten Flüssigkeitsmoleküle zu gleicher Stellung zwingen und so fort bis an das andere Ende der Flüssigkeit, wo die positiven Bestandtheile der dem negativen Pole zunächst anliegenden Flüssigkeitstheilchen von dessen Electricität angezogen werden und sich hier, gleich den negativen Bestandtheilen an dem positiven Pole, ausscheiden, indessen sich auf der ganzen Strecke zwischen den beiden Polen die an einander grenzenden negativen und positiven Bestandtheile zu Flüssigkeitstheilchen vereinigen. Dieser Process der Zersetzung und Wiedervereinigung findet so lange statt, als die Kette geschlossen ist, was an der fortdauernden Ausscheidung der Zersetzungsproducte an den Polen erkannt wird. Daher ist es dann auch zur Vervollständigung der eben auseinandergesetzten Vorstellung nöthig, sich zu denken, dass *fortwährend* die einzelnen Flüssigkeitstheilchen während der geschlossenen Kette in Bewegung sind und dass das gezeichnete Schema nur eine für einen Augenblick bestehende Anordnung der Theilchen darstellt. So lange die primäre Kette geschlossen ist, bethätigt sich die Polarisation dadurch, dass sie den Strom der ersteren schwächt. Sobald aber das den Strom liefernde Element ausgeschlossen ist und die polarisirten Electroden durch einen Bogen zum Kreis geschlossen werden, wird er, da die Zersetzungsproducte noch eine Zeit lang an den Electroden haften, mit Hilfe eines Multiplicators rein zur Anschauung gebracht. Dies Verfahren ist besonders desshalb zu empfehlen, weil man sich dadurch von der Existenz der Polarisation auch für die Fälle überzeugt, in denen zu Folge sehr schwacher Ströme die Zersetzungsproducte dem Auge nicht sichtbar sind. Erläutern wir an einem Beispiel im Einzelnen die Entstehung und Richtung des Polarisationsstromes. Wir wählen dazu den Fall, dass Platinelectroden in reines Wasser tauchen. An der positiven Electrode scheidet sich der negative Sauerstoff, an der negativen der positive Wasserstoff aus. Platin wird in Berührung mit Sauerstoff positiv, die aus dieser Contactstelle entspringende positive Electricität fliesst daher in einer dem Laufe des ursprünglichen Stromes entgegengesetzten Richtung ab. Wasserstoff wird in Berührung mit Platin positiv und es nimmt daher der aus dieser Berührungsstelle hervorgehende Strom eben dieselbe Richtung, so dass also die Adhäsion beider

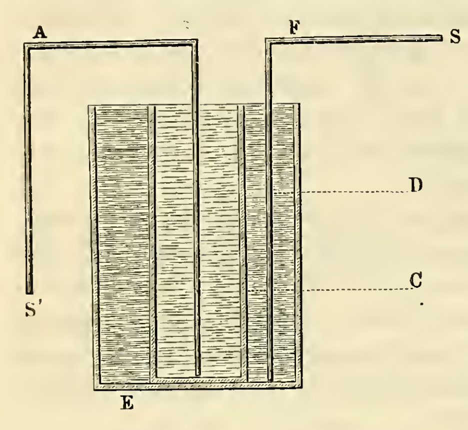
Gasarten an den Platinelectroden Wirkungen erzeugt, welche beide den ursprünglichen Strom abschwächen. In manchen Fällen sind die an den Electroden ausgeschiedenen Zersetzungsproducte die Folge *secundärer* Zersetzungen. Tauchen z. B. Platinelectroden in eine Kochsalzlösung, so wird an der positiven Chlor, an der negativen Wasserstoff ausgeschieden, letzterer desshalb, weil das an der negativen Electrode freiwerdende Natrium sich augenblicklich auf Kosten des Wassers unter Entbindung von Wasserstoff oxydirt.

Die Grösse der Polarisation ist, wie schon erwähnt, ausser von der Natur der in Berührung befindlichen Körper noch abhängig von der *Stromstärke* und der *Temperatur:* von der *Stromstärke* so, dass sie mit der Zunahme derselben zwar ebenfalls wächst, aber in einem geringern Grade und zwar dies um so mehr, eine je *grössere absolute* Stärke die Ströme haben; von der Temperatur dergestalt, dass sie mit *Erhöhung derselben* nahezu *proportional abnimmt.*

2. Sind dagegen Flüssigkeit und Electroden so gewählt, dass an letztern sich keine heterogenen Stoffe abscheiden, so fallen damit die Bedingungen der Polarisation fort. Die gewöhnlichste Art, dieselbe fortzuschaffen, besteht darin, dass man die metallischen Electroden in eine Auflösung eines Salzes desselben Metalles tauchen lässt. Alsdann scheidet sich an der negativen Electrode das Metall der Salzlösung, an der positiven die Säure aus, welche daselbst mit einem Theil der Electrode neues Salz bildet. Sonach sind beide Electroden immer rein metallisch: die negative, weil sich an ihr fortwährend neues Metall niederschlägt, die positive, weil an ihr immer neue Metalltheilchen durch Lösung anderer blossgelegt werden.

Die Betrachtungen über die Art und Weise, die Polarisation in einer im Kreis der Kette befindlichen Zersetzungszelle zu vermeiden, haben zu der wichtigen Erfindung der sogenannten *constanten Ketten* Veranlassung gegeben. Wie man sich nämlich aus §. 2 erinnert, ist ein galvanischer Strom ohne Flüssigkeit gar nicht herstellbar. Man sieht aber auch jetzt ein, dass wenn die zur Bildung eines einen Strom liefernden Elementes benutzten Stoffe Polarisation zu Stande kommen lassen, gar bald eine Schwächung und Unbeständigkeit des Stromes eintreten wird. Einer jeden constanten Kette liegt daher das Princip zu Grunde, auf irgend eine Weise die Polarisation zu vermeiden. Von den gangbarsten, der Daniell'schen, Grove'schen und Bunsen'schen wählen wir die erstere zu einer genauern Beschreibung. Sie besteht, wie umstehende Fig. zeigt, aus einem Glasgefässe E mit Kupfervitriollösung, in dieser steht eine mit einer Lösung von schwefelsaurem Zink gefüllte, poröse Thonzelle C, in letztere Lösung taucht das Zink einer

Zinkkupfercombination und in die Kupfervitriollösung eine Kupferplatte D. Nicht geschlossen ist S ihr positiver, S' ihr negativer Pol. Das Resultat sämmtlicher in dieser Vorrichtung vorkommender electromotorischer Berührungsstellen ist, wie man aus mancherlei Beobachtungen weiss, dass die positive Electricität ihren Weg vom Zink durch die Zinkvitriol-, die Kupfervitriollösung zu dem einzelnen Kupferstreifen, dem Schliessungsbogen zum Zink zurück nimmt. *Innerhalb* des Elementes ist also das Zink der positive, der in der Kupfervitriollösung befindliche Kupferstreifen der negative Pol. An letzterem scheidet sich daher metallisches Kupfer aus und andrerseits löst die am Zink ausgeschiedene Schwefelsäure einen Theil desselben unter Bildung von löslichem schwefelsaurem Zink auf. Von der Daniell'schen Kette hat Buff eine dem Physiologen zu empfehlende Abänderung gegeben *), welche der Mühe der öfteren Zusammensetzung und Auseinandernahme überhebt.



Der Gedanke, die Polarisation dadurch fortzuschaffen, dass man die Electroden von demselben Metall nimmt, von welchem ein Salz zur Zersetzung kommt, ist noch weiter verfolgt worden. Für gewisse Untersuchungen nämlich, deren Bedeutung erst später klar werden wird, ist es nöthig, *vollkommen unpolarisirbare* Electroden anzuwenden, und es entsteht daher die Frage, wie weit quantitativ die Polarisation auf die angegebene Weise wegzuschaffen sei. Man hat nun nach einander Kupferelectroden in schwefelsaurer Kupferoxydlösung, Silberelectroden in Cyansilberkaliumlösung etc. untersucht. Alle erwiesen sich jedoch für die Zwecke des Physiologen unbrauchbar, indem bei ihnen immer noch ein gewisses Maass von Polarisation bestehen blieb. Es gelang jedoch endlich Regnauld **) und Matteucci ***) durch Anwendung von Zinkelectroden in einer Lösung von schwefelsaurem Zinkoxyd auch diesen Rest von Polarisation zu verdrängen. Noch genauer hat du Bois-Reymond ****) diese Combination untersucht und dabei folgende

*) Annalen der Chemie und Pharmacie, von Liebig und Wöhler, Bd. LXXXV, S. 4.

**) Comptes rendus, 15. Mai 1854. tome XXXVIII, pag. 891.

***) Comptes rendus, 28. Juillet 1856. tome XLIII.

****) Monatsberichte der Berliner Academie, 30. Juni 1859.

Resultate gefunden. Chemisch reines Zink in gesättigter schwefelsaurer Zinkoxydlösung zeigt bei Strömen von der Ordnung des Muskelstromes schwach negative Polarisation. Dagegen erweist sich dasselbe Metall, selbst das unreine, käufliche, nachdem es zuvor mit Quecksilber verquickt worden ist *), in derselben Metallsalzlösung, selbst an den empfindlichsten Multiplicatoren, vollkommen frei von aller Polarisation. Ueber die wahre Ursache dieses sonderbaren, für den Physiologen so glücklichen Verhaltens, ist man noch im Unklaren.

Gerade so, wie an der Grenze metallischer Electroden und Flüssigkeiten Polarisation auftritt, hat man auch eine solche an der *Berührungsstelle verschiedener Electrolyte und im Innern feuchter Gebilde* überhaupt beobachtet. Die letztere wird die *innere Polarisation feuchter Leiter* genannt. Die Entdeckung und die nähere Untersuchung beider Polarisationsarten verdankt man du Bois-Reymond **). In der Combination: *Kochsalzlösung, Schwefelsäure* und in anderen ähnlichen, in welchen nur die Schwefelsäure der Reihe nach durch *Chlorwasserstoffsäure, Salpetersäure, Ammoniak* und *gesättigte Salpeterlösung* vertreten war, wurde *negative*, wenn dagegen in dem obigen Schema die Schwefelsäure durch *Kalihydratlösung,* oder *destillirtes Wasser*, oder *Hühnereiweiss* ersetzt worden war, *positive* Polarisation beobachtet. Offenbar hat diese Art von Polarisation ihren Grund in den Zersetzungserscheinungen, die sich im Kreise der Säule an den Berührungsstellen der ungleichartigen Electrolyte einstellen müssen. — Der Nachweiss der Polarisation an der Grenze feuchter Leiter erfordert feine Multiplicatoren und ihre Erzeugung selbst vielgliedrige Ketten, d. i. starke Ströme. Die *innere Polarisation* feuchter Leiter tritt nur dann auf, wenn dieselben nicht durch und durch homogen, sondern feuchten porösen Körpern vergleichbar sind. Ihre Untersuchung setzt immer die Anwendung besonderer Kunstgriffe voraus, da sie sich mit der Polarisation an der Grenze ungleichartiger Electrolyte mischt und davon der Sonderung bedarf. Ihre einigermassen befriedigende Darlegung verlangt dieselben Bedingungen, welche auch für die vorherige Polarisation als nothwendig bezeichnet wurden. Bisher ist dieselbe beobachtet worden: an mit *Wasser getränkter Kreide, Bimsstein, Hydrophan* und anderen *ähnlichen, porösen Körpern,* ferner an *geronnenem Eiweiss, Faserstoff, Seife, organisirten,*

*) Diese Verquickung geschieht schnell und sicher mittelst des folgenden, von Berjot angegebenen Verfahrens. Man löst 200 Grm. Quecksilber in 1000 Grm. warmen Königswassers. Nach vollendeter Auflösung fügt man noch 1000 Grm. Salzsäure hinzu. Die Verquickung selbst vollzieht man durch einfaches Eintauchen der Zinkplatten in diese Flüssigkeit und nachheriges Abspülen mit destillirtem Wasser.

**) Monatsberichte der Berliner Academie, 17. Juli 1856, 4. August 1856, 3. Januar 1859.

pflanzlichen Geweben, wie Stücken von Stengeln oder Blattstielen und verschiedenen Holzarten. Als Ursache der inneren Polarisation feuchter Leiter nimmt man an, dass die festeren Theilchen jener schlechten Leiter gleichsam als metallähnliche Zwischenplättchen wirken, an denen sich bei dem Durchgang des Stromes die Zersetzungsproducte der vollkommen flüssigen Electrolyte, welche in den Räumen zwischen jenen enthalten sind, ausscheiden und auf diese Weise überall neue Sitze electromotorischer Kräfte erzeugt werden. Ein mit Messingfeilspänen vermischter Leim, zu einem Cylinder erstarrt, welcher in der That auch innere Polarisation zeigt, ist geeignet diese Vorstellung zu fixiren.

Die Flüssigkeiten, welche von electrischen Strömen durchflossen werden, sind aber noch in einer anderen Beziehung von Interesse. Es ist dem Nervenphysiologen nützlich, auch davon Kenntniss zu nehmen. Die Grundthatsache dieses Gebietes von Erscheinungen ist die, dass wenn eine Flüssigkeit, die von einem electrischen Strome durchzogen wird, durch eine poröse Scheidewand in zwei Theile geschieden ist, Ueberführung von Flüssigkeit aus der dem positiven Pole der Säule zugehörigen Zellenabtheilung in die dem negativen zugehörige stattfindet, so dass nach einiger Zeit in der letzteren die Flüssigkeit immer höher, als in der ersteren steht. Diese *überführende* Wirkung des Stromes, für welche du Bois den Namen der *kataphorischen* zu gebrauchen vorgeschlagen hat, zeigt sich um so deutlicher, je schlechter die Flüssigkeit leitet. Sie ist der Stromstärke proportional. Am gründlichsten ist dieselbe von Wiedemann*) studirt worden. Auf dieser Thatsache beruhen höchst wahrscheinlich, wenn nicht ganz, so doch theilweise, zwei Phänomene, die mit dem Namen des *inneren* und *äusseren secundären Widerstandes* belegt werden. Mit dem letzteren, als dem für uns wichtigeren Phänomen, hat es die folgende Bewandtniss. Schaltet man in den Kreis mehrerer, constanter Elemente *ungleichartige Electrolyte* ein, also z. B. zwischen Bäusche, welche sich aus schwefelsaurer Kupferoxydlösung enthaltenden Zuleitungsgefässen erheben, in welche die kupfernen Electroden der Kette tauchen, ein *Prisma von Eiweiss*, so beobachtet man, dass der Strom der Kette nach einigen Unregelmässigkeiten, welche dem ersten Schlusse folgen, allmählich so beträchtlich an Stärke abnimmt, dass nach kurzer Zeit kaum noch ein Zehntel der ursprünglichen Stromstärke übrig ist, eine Erscheinung, welche sich in ihrer Grösse aus der inneren Polarisation feuchter Leiter durchaus nicht allein erklären lässt. Kehrt man durch eine Wippe den Gang des Stromes in der genannten Electrolytenreihe um, so wächst der Strom wieder langsam an, erreicht ein Maximum

*) Poggendorff's Annalen, Bd. LXXXVII.

und sinkt dann wieder wie vorher ab. Demnächstiges, erneutes Umlegen führt in umgekehrter Richtung zu denselben Erscheinungen. Das *langsame Anwachsen* des Stromes nach Umkehr desselben ist aus der Existenz der *inneren Polarisation* vollends unbegreiflich. Man wird vielmehr auf einen durch den Strom erzeugten Widerstand als Ursache jener Erscheinungen geführt. Schaltet man andere, feuchte, poröse Körper ein, anstatt eines Eiweissprisma's, wie z. B. Stücke von verschiedenen frischen Pflanzen, Knorpeln und Muskeln, so beobachtet man an ihnen ein ähnliches Verhalten, so dass die beschriebene Erscheinung feuchten, porösen Körpern sehr ausgebreitet zukommt. Es ist wichtig zu bemerken, dass beim Eiweiss und mehr oder weniger auch bei den anderen erwähnten Körpern das Ende derselben, wo der Strom eintritt, ein anderes Aussehen gewinnt, sobald der Strom deutlich zu sinken beginnt, als das, an welchem der Strom austritt. Ersteres ist nämlich bei Anwendung von Kupfervitriollösung als Zuleitungsflüssigkeit durch seine ganze Masse hindurch auf eine grössere Strecke blau gefärbt, an einer Stelle, nahe der Grundfläche eingeschnürt und hart, hornartig, Eigenschaften, welche am Austrittsende nicht vorkommen. Dagegen zeichnet sich dies durch eine kegelförmige Anschwellung aus. Durch Abschneiden des letzteren oder Theilung des Eiweissprisma's in zwei Hälften überzeugt man sich, dass der grösste Theil des Widerstandes an demjenigen Ende entwickelt ist, wo der positive Strom eintritt. Diess ist es eben nun, was man den *äusseren secundären Widerstand nennt.* Bei verschiedenen Zuleitungsflüssigkeiten bildet er sich sehr verschieden stark aus; im Eiweissprisma bei Kochsalzlösung als Zuleitungsflüssigkeit verschwindet er fast vollständig. Man kann sich die Entstehung desselben folgendermassen vorstellen. Der positive Strom treibt in Folge seiner kataphorischen Wirkungen in der oben als Typus gewählten Electrolytenreihe Kupfervitriollösung in das Eiweissprisma, den Saft aus diesem in das andere mit Kupfervitriollösung gefüllte Zuleitungsgefäss. Da nun aber die überführende Wirkung des Stromes um so fühlbarer wird, je schlechter die Flüssigkeit leitet, so wird aus dem Eiweissprisma oder dem dasselbe ersetzenden Gewebe *mehr* Saft ausgetrieben, als Kupfervitriollösung am positiven Ende nachrückt. Daher hier Einschnürung, während am Austrittsende, wo mehr Gewebssaft ankommt, als Salzlösung dasselbe verlässt, eine kugelförmige Anschwellung beobachtet wird. Dem entsprechend muss die wasserarme Stelle am Eintrittsende des Prisma's der Sitz eines besonderen, eben des *äusseren secundären* Widerstandes werden. Doch reicht diese Erklärung für andere electrolytische Combinationen nicht aus, indem es Flüssigkeiten giebt, die besser als Kupfervitriollösung leiten und bei denen kein secundärer Widerstand vorkommt, wohl aber die Schrumpfung des

Eiweissprisma's. Ebenso kann es sich umgekehrt ereignen, dass starker secundärer Widerstand ohne Einschrumpfung des Eiweisses auftritt. Für jeden einzelnen Fall ist demgemäss ein besonderes Studium der Ursachen des äusseren secundären Widerstandes vorzunehmen und unter ihnen sind in erster Linie die kataphorischen Wirkungen des Stromes in der Weise, wie dies vorher angedeutet wurde, nicht unbeachtet zu lassen. Auch dann, wenn der Strom durch metallische Electroden zu Eiweiss oder Muskeln geführt wird, tritt am Eintrittsende secundärer äusserer Widerstand auf, der sich wie vorher durch bedeutende Schwächung des ursprünglichen Stromes kenntlich macht. Führen z. B. Platinelectroden den Strom zu einem Eiweisscylinder, so beobachtet man auch hier eine Schwächung des Stromes, zu deren Erklärung gleichfalls die Polarisation nicht ausreicht, indem nicht allein Abschneiden des Eintrittsendes eine ungleich grössere Hebung der Stromstärke erzeugt, als wenn man das Austrittsende entfernt, sondern auch Entfernung des negativen Poles, an welchem sich bekanntlich der Wasserstoff entwickelt und Anlegen an einer anderen Stelle keine Veränderung in der geschwächten Stromstärke hervorbringt, während eine ähnliche Deplacirung der positiven Electrode die Stromstärke beträchtlicher hebt. Handelte es sich um die bekannten Polarisationswirkungen, so müsste das Umgekehrte stattfinden. — Bei vielen feuchten Leitern kommt ohne Zweifel in Folge des Durchströmtwerdens von Electricität ein ähnlicher Widerstand, der sogenannte *innere secundäre*, auf jedem Querschnitt des Leiters vor. Wir haben indess keine besondere Veranlassung, uns mit ihm zu beschäftigen, da für die Nerven und Muskeln, als diejenigen Gebilde, auf welche der Physiologe vorzugsweise auf längere Zeit constante Ströme wirken lässt, eine besondere Untersuchung ergeben hat, dass sie von der Ausbildung dieser Art des Widerstandes völlig frei sind. — Aus dem Vorigen ersieht man nun aber, dass, wenn es sich darum handelt, Muskeln und Nerven constanten Strömen auszusetzen, der Vortheil, den man durch die Anwendung unpolarisirbarer Electroden gewonnen hat, durch die Existenz des äusseren secundären Widerstandes, dessen jene Theile bekanntlich fähig sind, verloren zu gehen droht. Es lässt sich jedoch eine Anordnung treffen, die aus dieser Verlegenheit heraushilft. Man schaltet nämlich zwischen die thierischen Theile und die Bäusche, welche sich aus der die unpolarisirbaren Electroden, d. i. verquicktes Zink, enthaltende Flüssigkeit, d. i. Zinkvitriollösung, erheben, einen mit Kochsalz getränkten und mit einem Eiweisshäutchen bekleideten Zwischenbausch ein, welcher nach der S. 33 gemachten Bemerkung in Berührung mit Eiweiss oder thierischen Theilen keinen äusseren secundären Widerstand erzeugt. Wenn in Zukunft bei einem bestimmten Versuche von unpolarisirbaren

Electroden die Rede ist, so ist, wenn Nichts Besonderes bemerkt wird, immer eine derartige Vorrichtung vorauszusetzen.

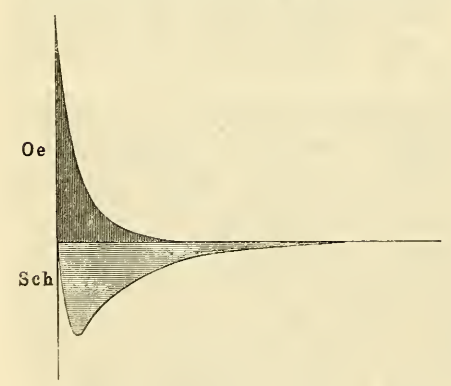
§. 5.

Lehre von der Induction, Inductionsapparate.

1) *Erregung des Magnetismus in weichem Eisen durch den galvanischen Strom.* Jedes Stück weichen Eisens wird, wenn es unter passenden Bedingungen dem Einfluss eines galvanischen Stromes ausgesetzt wird, so lange magnetisch, als der Strom andauert. Gewöhnlich lässt man den Strom durch die Windungen einer Drahtrolle laufen, in deren Höhlung ein Eisenkern eingeschoben ist. Die Polarität eines auf diese Weise magnetisch gemachten Eisenkerns, eines *Electromagneten,* lässt sich immer leicht nach folgender Regel bestimmen: dasjenige Ende, welches, mit seinem Querschnitt dem Beobachter zugekehrt, vom positiven Strom in der Richtung wie der Zeiger einer Uhr umkreist erscheint, ist der *Südpol.* Die Stärke des erzeugten Magnetismus ist von der Dicke des Stabes, der Stromstärke und der Anzahl der magnetisirenden Windungen abhängig. Bei dem näheren Studium dieser Abhängigkeit hat sich ergeben, dass der Magnetismus für jeden Stab ein Maximum hat und dass nur innerhalb gewisser Grenzen derselbe der Stromstärke proportional gesetzt werden kann. Am weitesten fallen diese Grenzen bei der Anwendung dicker Stäbe und verhältnissmässig schwacher Ströme aus.

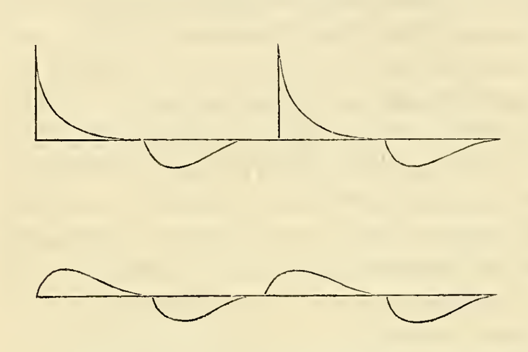
2) *Wirkungen des Stromes auf benachbarte Drahtkreise. Voltainduction.* Die hierher gehörigen Erscheinungen werden am vollkommensten beobachtet, wenn der in sich geschlossene Drahtkreis, welcher der Wirkung eines Stromes ausgesetzt werden soll, und welchen man den *secundären* Kreis nennt, aus einem sehr langen, überall wohl isolirten Drahte besteht, der auf eine Rolle aufgewunden ist, und wenn gleichzeitig auch der Schliessungsbogen der galvanischen Kette eine ähnliche Drahtrolle darstellt. Beide Rollen werden einander so gegenübergestellt, dass ihre Axen in einander fallen. Schaltet man in den secundären Kreis ein galvanometrisches Messwerkzeug, so zeigt dies in demselben so oft einen Strom an, als der Strom der nachbarlichen Rolle, der *inducirende Kreis,* eine Aenderung erleidet. Den Vorgang der Stromerzeugung im secundären Kreis nennt man *Volta-Induction* oder *electrodynamische Vertheilung.* Ueber die *Richtung* der inducirten Ströme sind folgende Gesetze zu merken. Beim *Schluss* des inducirenden Stromes, oder allgemeiner, bei jeder *positiven* Schwankung desselben, so wie bei jeder gegenseitigen *Näherung* beider Kreise hat der inducirte Strom die *entgegengesetzte*

Richtung des ersteren; beim Oeffnen dagegen, allgemeiner bei jeder *negativen* Schwankung, so wie bei jeder gegenseitigen *Entfernung* hat er *gleiche* Richtung mit jenem. So lange aber der Strom auf *constanter Höhe* verweilt und dabei beide Kreise in einer bestimmten Entfernung *verbleiben,* findet keine Stromentwickelung im secundären Kreise statt. Eine ähnliche Induction beobachtet man auch an der Rolle, welche den Schliessungsbogen der Kette bildet, indem jede einzelne Windung auf die übrigen inducirend wirkt; aber nur der der Oeffnung der Kette entsprechende Inductionsstrom lässt sich leicht nachweisen, indem man durch Einschalten einer Drahtrolle in einen Stromkreis beim *Oeffnen* der Kette Funken und starke Erschütterungen des eingeschalteten, menschlichen Körpers hervorbringen kann, von welchen beiden ohne Zuhilfenahme der Drahtrolle wenig oder gar Nichts beobachtet wird. Man nennt diesen in der primären Kette selbst mittelst einer Drahtrolle beim Oeffnen erzeugten Strom den *Extrastrom* oder auch wohl *Endgegenstrom.* Für die Physiologie ist es bezüglich der Volta-Induction noch von Interesse, zu wissen, dass beide, der Schliessung und Oeffnung der inducirenden Kette entsprechende, Inductionsströme nicht von *gleicher* Beschaffenheit sind. Zwar gleichen sich in beiden gleiche *Electricitätsmengen* ab und ist demgemäss ihre galvanometrische und electrolytische Wirkung gleich, aber diese Abgleichung geschieht für den Oeffnungsstrom in *kürzerer* Zeit. Die beistehende Figur versinnlicht im Allgemeinen den Verlauf beider Inductionsströme. Die schattirten Flächenräume, welche die Mengen der in Circulation gesetzten Electricitäten bezeichnen sollen, sind in beiden Fällen gleich. Wie man aber an den sie begrenzenden Curven sieht, welche die Intensitäten der Inductionsströme in den verschiedenen Augenblicken darstellen, ist der zeitliche Verlauf sehr verschieden. Die obere Fläche gehört der Oeffnung, die untere der Schliessung an. Ohne mathematische Behandlung des Gegenstandes lassen sich nicht gut ihre Unterschiede bis in's Einzelne darlegen. Dagegen sieht man die gröberen Züge leicht durch folgende Betrachtung ein. Wenn die primäre Rolle geschlossen wird, entwickelt sich in den Windungen derselben ein Extrastrom, welcher durch seine dem Kettenstrom entgegengesetzte Richtung die Ausbildung des letzteren zu seiner vollen Särke verzögert, so dass die inducirende Wirkung desselben,



welche er auf die Nebenrolle ausübt, nicht im ersten Moment seines Schlusses in voller Stärke hereinbricht; der inducirende Strom kann daher nur erst allmählich sein Maximum erreichen. Während dieser Zeit entwickelt er selbst noch Extraströme in seiner eigenen Bahn, welche noch mehr verzögernd auf seine Ausbildung einwirken. Anders ist es mit dem der Oeffnung der Kette zukommenden Inductionsstrom. Bei ihr kann sich in der primären Rolle kein Extrastrom bilden, weil der Schluss dazu fehlt; es sinkt also der Kettenstrom, ohne irgend wie dabei verhindert zu sein, ganz plötzlich von seiner Intensität auf Null zurück, und seine Inductionswirkung erreicht gleich im Anfang ihr Maximum. Da aber auch hier in der secundären Rolle durch den Inductionsstrom ein Extrastrom von entgegengesetzter Richtung entsteht, so wird durch diesen der erstere im zweiten Theil seines Verlaufes etwas verzögert, so dass er nur allmählich abnehmen kann; es wird also im Allgemeinen der Verlauf beider Inductionsströme so geschehen, wie es die Figur veranschaulicht. — Dieser Eigenschaft der durch Volta-Induction erzeugten Ströme hat man bei Anwendung derselben zu physiologischen Zwecken stets eingedenk zu sein, da die physiologische Wirkung wesentlich von der Zeit abhängt, innerhalb deren eine gegebene Electricitätsmenge sich abgleicht und als ferner der Unterschied beider Ströme in dieser Beziehung sehr beträchtlich ist. Man kann sich davon schon durch einen sehr einfachen Versuch überzeugen. Verknüpft man nämlich die Enden der secundären Spirale mit metallenen Handhaben, zwischen welche man den eigenen Körper einschaltet, so empfindet man bei demselben gegenseitigen Abstand der Rollen bei der Schliessung einen schwächeren Schlag, als beim Oeffnen; letzterer kann schon fast unerträglich sein, während der erstere kaum empfunden wird, oder doch noch bequem zu ertragen ist. Für gewisse, später zu erwähnende Versuche gewinnt der Unterschied der beiden Inductionsströme eine solche Bedeutung, dass aus der Nichtbeachtung desselben schwere Verirrungen bezüglich der Beurtheilung fundamentaler Thatsachen entstehen können. Es ist desshalb von Wichtigkeit, sich nach Mitteln umzusehen, beide Inductionsströme von nahezu gleichem zeitlichen Verlauf herzurichten. Man kann diess auf einem doppelten Wege mehr oder weniger vollkommen erreichen. Der erste besteht darin, dass man die verzögernde Wirkung des beim Schlusse der Kette sich bildenden Extrastromes dadurch vermindert, dass man der primären Spirale nur eine geringe Anzahl von Windungen ertheilt, der andere in der Einschaltung einer Nebenschliessung zur primären Spirale. Es bedeutet dann nämlich Unterbrechung der letzteren eine positive, sonst dem Schlusse entsprechende Schwankung, Herstellung derselben dagegen eine negative, sonst der

Oeffnung der primären Kette entsprechende. Leicht sieht man ein, dass nun auch der bei der negativen Schwankung des primären Stromes sich bildende Extrastrom, da die Leitung durch die Nebenschliessung geschlossen ist, zur wirklichen Ausbildung kommt und daher auch jetzt, wie bei der positiven Schwankung, durch ihn die Inductionswirkung verzögert wird. Inductionsvorrichtungen, nach diesen Ueberlegungen gebaut, arbeiten nicht mehr nach dem oberen, sondern nahezu nach dem unteren Schema der nebenstehenden Zeichnung. Weitere Betrachtungen über die Gleichmässigkeit beider Inductionsströme hat du Bois-Reymond angestellt*).



Bisher wurde vorausgesetzt, dass der secundäre Kreis geschlossen sei. Aber auch in dem Fall, dass er offen ist; findet in ihm Electricitätsentwickelung statt. An dem einen Ende findet sich freie positive, am andern freie negative Electricität vor, welche beim Schliessen und Oeffnen des inducirenden Kreises ihr Zeichen wechseln. Die Anordnung jener ist stets so, dass wenn der Kreis geschlossen wäre, ein Strom nach den vorher angegebenen Regeln zu Stande kommen würde. Der Nachweis dieser Spannungen an offenen Inductionsspiralen kann auf doppelte Weise geführt werden: auf physiologischem und physikalischem Wege. Die erste besteht darin, dass man Nerv-Muskelpräparate mit den isolirten Enden der Inductionsspirale verknüpft und dieselben ableitend berührt, wobei Zuckungen entstehen. Im Capitel über die *unipolaren Inductionszuckungen* wird ein Näheres darüber angegeben werden. Der physikalische Nachweis setzt schon etwas kräftigere Apparate voraus und wird durch die Erzeugung von Funken geführt, die an den Enden der Inductionsrollen auftreten. Diese Inductionsfunken haben alle Eigenschaften der durch die Electrisirmaschine erzeugten, und in neuerer Zeit wird daher die letztere in vielen Fällen durch Inductionsapparate ersetzt. Die Entdeckung der unipolaren Spannungen überhaupt ist so ziemlich zu derselben Zeit auf dem Gebiete der Physiologie und Physik geschehen. Doch sind die hierher gehörigen physiologischen Erscheinungen früher publicirt worden.

---

*) Monatsberichte der Berliner Academie, 1862, S. 372.

3) *Wirkung von Magneten auf in sich geschlossene oder offene Drahtkreise — Magnetoinduction.* Um die hierher gehörigen und sogleich anzuführenden Erscheinungen leicht auffassen und dem Gedächtniss einprägen zu können, bringen wir, wie es üblich ist, dieselben in Zusammenhang mit der Theorie des Magnetismus, wie sie Ampère gegeben. Dieser nämlich räth, sich alle Molecüle eines Magneten von parallelen Strömen umkreist zu denken, und zwar so, dass, wenn man den Querschnitt eines Südpols dem Auge zuwendet, hier sich die Ströme von links nach rechts, wie der Zeiger einer Uhr bewegen, während am Nordpol, diesen ebenso betrachtet, sie die entgegengesetzte Richtung verfolgen.

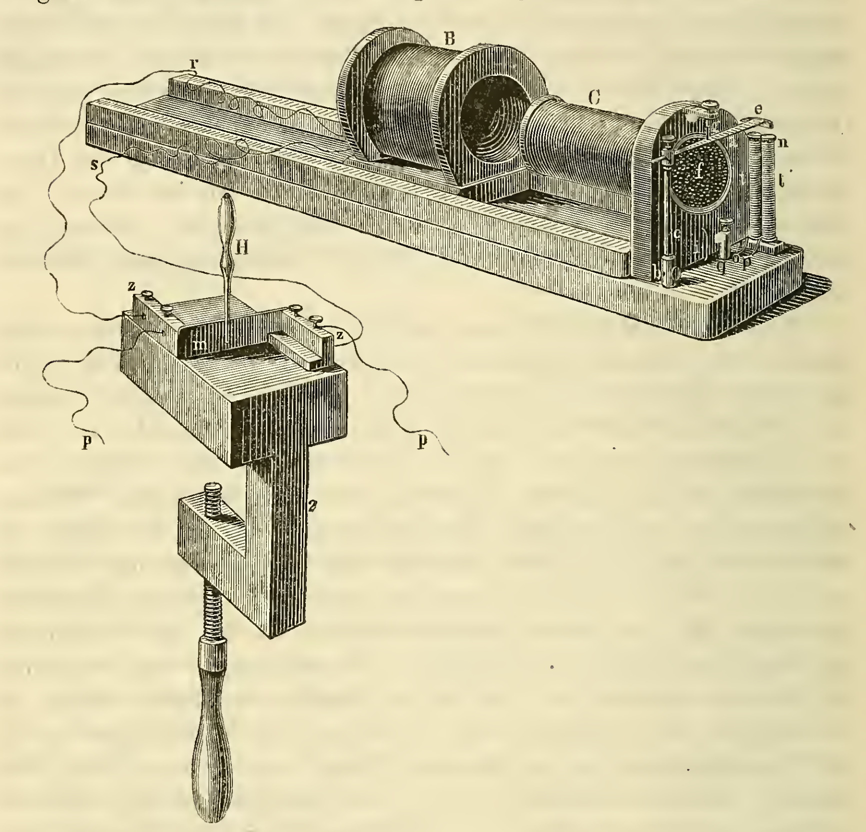
Magnete vermögen nun unter zweierlei Umständen in nachbarlichen Drahtkreisen electrische Ströme zu erzeugen: erstens, wenn beide gegen einander bewegt werden, zweitens, wenn in einem Eisenstück Magnetismus erregt oder zum Verschwinden gebracht wird. Diese Art der Electricitätserregung nennt man *Magnetoinduction.* In allen Fällen ist es nun leicht, die Richtung der inducirten Ströme zu bestimmen. Werden Magnet und Drahtkreis gegen einander bewegt, so hat der Strom im letzteren die entgegengesetzte Richtung von den magnetischen Strömen, welche dem Pole zukommen, gegen welchen die Bewegung geschieht; denn dann induciren die magnetischen Ströme wie bei der Volta-Induction ihnen entgegengesetzt gerichtete. Werden Magnet und Drahtkreis von einander entfernt, so sind die in letzterem inducirten Ströme mit den magnetischen gleichgerichtet. *Erzeugung* des Magnetismus hat für die Inductionserscheinungen denselben Effect wie *Näherung* und *Verschwinden* denselben wie *Entfernung.* Dem Gesagten gemäss, wird man sich also nie in der Bestimmung der Richtung der durch Magnete inducirten Ströme irren können, wenn man sich Ampère's Theorie des Magnetismus vergegenwärtigt, mithin in Gedanken an die Stelle des betreffenden Magnetpols seine Ströme setzt und dann die für die Volta-Induction geltenden Gesetze in Anwendung bringt.

Sind die Drahtkreise *offen,* so treten unter allen Umständen an ihren Enden, gleichwie bei der Volta'schen Induction, Spannungserscheinungen auf, welche, wenn jene geschlossen wären, Ströme nach den vorher angegebenen Regeln zu Stande bringen würden.

Die bisherigen Mittheilungen über Induction werden genügen, die in der Nervenphysiologie häufig gebrauchten *Inductionsapparate* zu verstehen. Wir beschreiben zwei derselben ausführlich; jeder repräsentirt eine besondere Gattung:

a) *Inductionsapparat nach* du Bois-Reymond. Er ist eine Abänderung des Neff'schen Apparates und gründet sich auf die Induction

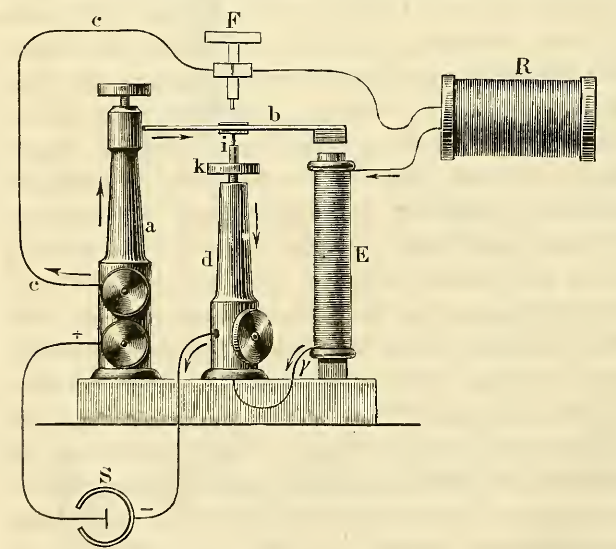
durch den electrischen Strom und auf den durch letzteren bewirkten Magnetismus eines Eisenkerns. Folgende Figur stellt diesen Apparat dar.



Er wird am leichtesten verständlich werden, wenn wir uns denselben im Gang denken und das Spiel der Theile im Einzelnen verfolgen. Als Electricitätsquelle dient eine constante (hier nicht gezeichnete) Kette; ihr negativer Pol sei mit der Messingschraube q verknüpft, ihr positiver führe zu der Messingsäule c und sei in deren unterstem Ende, bei b, eingeklemmt. Dann nimmt der Strom unter folgenden Wirkungen folgenden Verlauf. Er steigt in c auf und tritt auf die am oberen Ende eingeklemmte Feder a, welche in der gezeichneten Lage an die metallische Schraube g stösst und daher den Strom zu dieser selbst leitet; von g tritt er auf ein ihr als Mutter dienendes Messingstück und von da in den Draht der Rolle C; nachdem er diesen in seiner ganzen Länge durchlaufen hat, nehmen wir ihn bei i, der unmittelbaren Fortsetzung des Drahtes der Rolle, wieder auf; da i in einer Fuge des Bretes mit o in Verbindung ist, tritt der Strom bei o in den übersponnenen Draht,

mit welchem die Eisensäule t umwickelt ist; bei n tritt er in den Draht der ebenso beschaffenen Säule t' und durch p, welcher mit q in metallischer Verbindung ist, zum negativen Pol der Kette zurück. Die beiden Eisensäulen sind an ihren Füssen durch ein Querstück von Eisen in Verbindung, stellen also, so lange der Strom in dem sie umwickelnden Drahte kreist, einen Hufeisenmagneten vor, welcher den am Ende der Feder a befindlichen, kleinen eisernen Anker e anzieht. Dadurch aber wird die Kette bei g geöffnet, der Hufeisenmagnet verliert damit seinen Magnetismus, lässt den Anker fahren und die Feder schnellt gegen g, um von Neuem die Kette zu schliessen. Auf diese Weise also wird die Kette fortwährend geschlossen und geöffnet und damit werden unterbrochene Ströme von *entgegengesetzter* Richtung in der Rolle B inducirt, deren man sich dann zu den jedesmaligen Zwecken bedient. Die Rolle B ist auf einem Brete bis über C verschiebbar, wodurch Inductionsströme von verschiedener Stärke gewonnen werden können. Neben dem Geleise, auf welchem die Rolle verschiebbar ist, kann man, um die Abstufungen der Inductionsströme präciser ausführen zu können, eine Scale anbringen, und Wer es wünscht, mit demselben Apparate auch die allerschwächsten Inductionsströme zu erzeugen, die überhaupt noch fähig sind, Muskelzuckungen auszulösen, kann das Geleise verlängern und die unbequeme Länge aus zwei durch ein Charnier verbundene Hälften zusammensetzen lassen, von denen man die hintere unter die vordere zurückklappen kann. Die Rolle C enthält in ihrer Höhlung eine Menge wohl gefirnisster Eisendrähte f, deren Bedeutung folgende ist. Wenn der Hauptstrom der Rolle C verschwindet, verschwindet auch zugleich der inducirte Magnetismus der Eisenstäbe. Es wirken mithin inducirend auf die Rolle B der verschwindende Hauptstrom und der verschwindende Magnetismus und zwar beide in *demselben Sinn.* Daher muss der der Oeffnung entsprechende Inductionsstrom bedeutend *verstärkt* werden. Es sind aber von einander isolirte Drähte und kein massiver Eisencylinder gewählt, weil der verschwindende Hauptstrom zugleich in dem Eisen Ströme erzeugt, welche das Verschwinden des Magnetismus und folglich seine Inductionswirkung auf B hindern, in von einander wohl isolirten Drähten aber die Bildung solcher Ströme weit weniger als in einem einzigen Eisenkern stattfindet. Bei der Anwendung dieses Inductionsapparates behufs der Reizung von Nerven ist es bequem, eine Vorrichtung zu haben, mit deren Hilfe man zu jeder beliebigen Zeit die Ströme des in Arbeit begriffenen Apparates den Nerven zuführen oder ihren Lauf dahin abschneiden kann. Unvollkommen erreicht man dies durch Schluss und Unterbrechung der primären Kette. Dies hat aber seine Uebelstände, indem beim Schluss der Kette die Feder zumeist eines ersten Anstosses

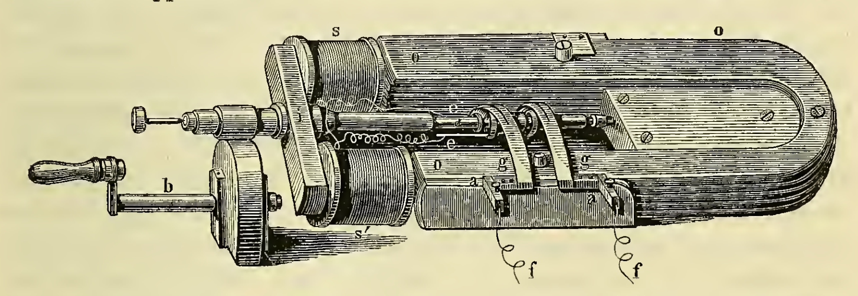
bedarf. Eine von du Bois und Halske unter dem Namen des *Schlüssels* angegebene, kleine Vorrichtung leistet dabei die verlangten Dienste. Dieselbe ist dem auf S. 40 beschriebenen und gezeichneten Inductionsapparat beigefügt und besteht aus folgenden Theilen. Auf einer isolirenden Platte sind zwei Doppelklemmen z z angebracht. Ein mit Hilfe eines Elfenbeingriffes H bewegliches Messingstück m kann beide Messingklemmen leitend verbinden oder trennen. Von den Enden des Inductionskreises ist das eine s in der einen Oeffnung der Doppelklemme z, das andere r analog in der zweiten aufgenommen. In die andere Oeffnung je einer Klemme wird je ein Drath p geklemmt. Diese führen den zu reizenden Theilen die Inductionsströme zu, wenn beide Klemmen durch gehobene Stellung von m von einander getrennt sind. Ist m gesenkt, wie es die Figur zeigt, so sind beide Klemmen metallisch verbunden und die Inductionsströme sind metallisch geschlossen, ohne länger die thierischen Theile zu treffen. — Sollen die Inductionsströme den gleichmässigen Verlauf annehmen, welchen das untere Schema der Figur S. 38 darstellt, so wendet man die folgende, von Helmholtz angegebene, Vorrichtung an, welche auf das Princip gegründet ist, durch Anlegung einer Nebenschliessung zur Hauptrolle des primären Stromkreises dem bei dem Eintritt der negativen Schwankung sich bildenden Extrastrom Gelegenheit zum Schluss zu geben, so dass durch ihn, wie bei der positiven Schwankung, die inducirende Wirkung verzögert wird. In der



beistehenden Figur bedeutet S die Kette, deren positiver Pol zu der Säule a führt, welche die schwingende Feder b trägt. Von a führt eine Drahtverbindung c zu dem einen Ende der inducirenden Rolle R. Das andere Drahtende derselben führt zu den Windungen des die Feder beherrschenden Electromagneten E. Das Ende γ dieser Windungen ist mit der Messingsäule d in Verbindung, von wo der Weg zum negativen Pole der Kette zurückführt. Die Säule d ist aber mit

einer Schraube k versehen, welche einen Platinstift i trägt, gegen welchen ein der Feder b angelöthetes Platinplättchen schlägt. So oft dies geschieht, wird zu der eben verfolgten Hauptleitung die Nebenleitung geschlossen, welche aus den Säulen a und d und dem hinteren Theile der Feder b besteht. F bedeutet eine andere Schraube mit Stift, gegen welchen die Feder b schlägt, wenn sie den Electromagneten E verlässt.

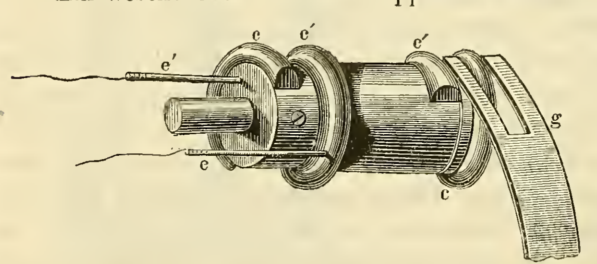
b) *Magnetoinductionsapparat, Rotationsmaschine,* auch *Saxtonsche Maschine,* nach ihrem ersten Erfinder. Dieser bloss auf *Magnetoinduction* beruhende Apparat wird in seinen Haupttheilen durch folgende Figur



dargestellt, eine Einrichtung, welche ihr Stöhrer gegeben. Er besteht aus folgenden Theilen: o ist ein aus mehreren Lamellen bestehender, guter Stahlmagnet; seinen vorderen Enden gegenüber findet sich ein Hufeisen von weichem Eisen, *Inductor* genannt, dessen querer Theil in der Figur mit i bezeichnet ist. Die auf i senkrecht stehenden Arme desselben sind mit Holzspulen s s' überzogen und diese mit feinem, gut übersponnenem Draht umwickelt. Beide Drahtrollen sind so angeordnet, dass ihre Ströme, in derselben Richtung laufend, einander unterstützen. Das Hufeisen ist auf einer Axe d befestigt, welche durch die Kurbel b in Rotation versetzt wird. Untersuchen wir jetzt, was geschieht, während das Hufeisen eine ganze Umdrehung vollendet. Gesetzt, die beiden Rollen s s' stehen ruhig so, dass ihre gerade Verbindungslinie mit der der beiden Pole des Magneten o zusammenfällt. Dann ist zwar in dem Hufeisen aus weichem Eisen der stärkste Magnetismus entwickelt, aber da eine Stromerzeugung in dem Draht nur beim *Entstehen* und *Verschwinden* von Magnetismus stattfindet, ist für diesen Augenblick die Stromstärke noch Null. Während der ersten halben Umdrehung entfernt sich ein jeder Eisenkern von dem Magnetpol, vor dem er ruhig stand und bewegt sich gegen den anderen; damit verschwindet zuerst der in ihm inducirt gewesene Magnetismus und alsdann wird der entgegengesetzte in ihm rege. Da aber das Verschwinden eines Magnetismus und das Erregen des entgegengesetzten Ströme in derselben Richtung entwickelt, so folgt, dass der während der ersten halben Umdre-

hung in dem Drahtgewinde eines Eisenkerns entstehende Strom seine Richtung nicht ändert. Da der andere Eisenkern während der genannten Zeit entgegengesetzte magnetische Zustände annimmt, so inducirt er auch in dem ihm zugehörigen Drahtgewinde einen Strom entgegengesetzter Richtung, der jedoch dadurch, dass man die Windungen beider Drahtrollen zweckmässig verknüpft, in dieselbe Richtung geführt wird. Bei der zweiten halben Umdrehung liefern beide Rollen einen Strom in entgegengesetzter Richtung. Eine ganze Umdrehung giebt also zwei entgegengesetzt gerichtete Ströme. Ein jeder von ihnen schwillt allmählich an, erreicht sein Maximum und sinkt auf Null zurück; der Apparat erzeugt demgemäss eine Reihe von Strom*wellen*. Diese kommen im Allgemeinen jedesmal auf ihr Maximum, wenn die die Rollen verbindende Gerade senkrecht auf der Linie steht, welche die beiden Magnetpole mit einander verbindet, auf ihr Minimum dagegen, wenn die erstere mit der letzteren zusammenfällt; denn die Mengen der in gleichen Zeittheilchen verschwindenden und entstehenden Magnetismen, von welchem Umstand die Stärke der Inductionsströme abhängt, fallen in der ersteren Stellung am grössten, in der letzteren am kleinsten aus. Indess verrücken sich die Maxima und Minima der Stromwellen mit der Drehungsgeschwindigkeit der Eisenkerne, so dass sie *niemals* genau an den bezeichneten Stellen liegen. Dies kommt hauptsächlich daher, dass die in den Drahtgewinden inducirten Ströme die volle Ausbildung der Magnetismen in den Eisenkernen verhindern, wie sie ohne Drehung in jeder Stellung derselben stattfinden würden. Es kommt also hier eine ähnliche Rückwirkung der Inductionsströme auf die erzeugende Ursache vor, wie sie oben S. 37 für die Voltainduction beobachtet wurde.

Ein wesentlicher Theil des Apparates ist noch der *Commutator*. Von ihm gibt nebenstehende Figur eine deutlichere Ansicht. Er hat den Zweck, die im Draht bei einer einmaligen Umdrehung des Inductors in ihrer *Richtung wechselnden* Ströme in



gleichgerichtete zu verwandeln. Er besteht aus zwei hohlen, über einander geschobenen Messingcylindern, welche beide sorgfältig von einander isolirt sind. Der erstere sitzt unmittelbar auf der Axe auf und trägt an seinem Ende die halbringförmigen Stahlkämme c c, der zweite die ähnlichen c′ c′. Die von den Inductionsrollen kommenden Drähte sind an zwei Stifte angelöthet, von denen der eine e′ zum einen, der andere e′

zum andern Messingcylinder führt. An dem Kasten, in welchem der ganze Apparat eingeschlossen ist, sind zwei Stahlfedern g g (siehe Fig. S. 43) angeschraubt, welche den Strom von den Stahlkämmen aufnehmen und zu den Drähten f f' führen Eine jeder dieser Federn ist, wie aus der Figur S. 44 zu ersehen, gespalten und je ein Theil derselben ist bestimmt, auf je einem Kamm je eines Cylinders zu schleifen und zwar so, dass während der einen halben Umdrehung der eine Theil der Feder mit einem Kamm der äusseren, während der anderen halben Umdrehung der andere mit einem Kamm des inneren Cylinders in metallischer Verbindnng ist. Ueberdies ist aus der gegenseitigen Stellung der Kämme beider Cylinder ersichtlich, dass, wenn ein Theil der einen Feder auf einem Kamm des äusseren Cylinders schleift, jedesmal ein Theil der anderen auf einem Kamm des inneren aufliegt und umgekehrt. Hieraus folgt, dass, wenn der zu e und e' sich begebende Strom in seiner Richtung *unveränderlich* wäre, man während einer ganzen Umdrehung von den Federn g g Ströme in umgekehrter Richtung erhalten würde. Ist aber der Commutator so auf der Axe befestigt, dass in demselben Augenblicke, wo der Strom in den Drähten e e' seine Richtung kehrt, d. h. wenn die Inductionsrollen gerade vor den Magnetpolen stehen, auch andere Federtheile auf anderen Kämmen schleifen, so wird der Strom in f f' immer dieselbe Richtung beibehalten. In der That gibt man für gewöhnlich dem Commutator auf der Axe diese Stellung. Endlich muss noch einer für den Physiologen wichtigen Einrichtung dieses Apparates gedacht werden. Es wurde nämlich vorhin erwähnt, dass zu derselben Zeit, in welcher der Strom seine Richtung wechselt, jedesmal eine jede Feder mit einem unmittelbar vorher von ihr nicht berührten Kamm in Verbindung komme. Man sieht aber, dass die Kämme des einen Cylinders die des anderen um Einiges überragen; die Folge davon ist, dass, wenn der eine Theil einer Feder von Neuem auf einen Kamm tritt, der andere derselben den seinigen noch nicht verlassen hat. So lange dies stattfindet, tritt der Strom von einem Kamm durch die Feder sogleich zum anderen, so dass, wenn während dieser Zeit zwischen f f' ein grosser Widerstand, z. B. der menschliche Körper oder ein Nerv, eingeschaltet ist, derselbe nur eine schlecht leitende Nebenschliessung bildet. Sobald aber jene Feder völlig von ihrem Kamm abtritt, entsteht durch das theilweise Verschwinden des vorher starken Stromes ein kräftiger Extracurrent, welcher dann vermöge seiner grossen Spannung den schlecht leitenden Widerstand durchfährt. Auf der Bildung dieses Stromes beruht eigentlich die bedeutende physiologische Wirkung dieser Apparate.

Da bei der eben beschriebenen Maschine kein Stromwechsel stattfindet, hat man bisweilen nöthig, zu untersuchen, welcher von den

Drähten f f′ die positive Electricität liefert. Dies kann freilich durch Verfolgung des Vorgangs an der Maschine geschehen, allein dies ist immer zeitraubend und erfordert Achtsamkeit. Man thut daher besser und untersucht dies mit Hilfe der Electrolyse. Zu dem Ende verknüpft man f f′ mit Platindrähten und setzt diese mit einem Stück Jodkaliumpapier oder Jodkaliumstärkebrei in Verbindung, die positive Electrode zeichnet sich sofort durch ihre *Färbung* aus.

Nach diesen einleitenden Betrachtungen wenden wir uns jetzt unserem eigentlichen Gegenstande zu. Wir zerfällen uns denselben behufs übersichtlicherer Betrachtung in zwei Abschnitte. In dem ersten, der *Nervenphysik*, sollen einzelne Nerventheile *ausser allem Zusammenhang* mit anderen Theilen des thierischen Körpers auf ihre physikalischen Eigenschaften mit den Hilfsmitteln der Chemie und Physik geprüft werden, während in dem zweiten, der eigentlichen *Nervenphysiologie,* die Nerven im Zusammenhang unter sich und mit den verschiedenen Organen, zu denen sie sich begeben, untersucht werden sollen.

Zweiter Abschnitt.

Nervenphysik.

---

§. 6.

Chemische Eigenschaften der Nervensubstanz.

Ueber die chemischen Eigenschaften der Nervensubstanz weiss man äusserst wenig. Zwar sind Analysen derselben genug vorhanden und die mikrochemischen Reactionen der mikroscopischen Elemente des Nervensystems sind von einzelnen Histologen bis in die Minutissima studirt worden, aber Beides ist in gar keine oder nur äusserst dürftige Beziehung zu den Leistungen des Nervensystems gebracht worden, so dass unseren weiteren Betrachtungen kein wesentlicher Nachtheil daraus erwachsen würde, wenn wir gar keine Mittheilungen über diesen Punkt machten. Nur die Absicht, die das Nervensystem betreffenden Thatsachen möglichst vollständig mitzutheilen, veranlasst uns zu folgenden Bemerkungen.

Was zunächst die *Reaction* der feuchten Nervensubstanz anlangt, so ist ihr Studium wesentlich desshalb betrieben worden, weil man zu einigen interessanten Ergebnissen über dieselbe Eigenschaft des mit dem Nerven in so enger Beziehung stehenden Muskels gelangt war. Von ihm war, namentlich durch die Bemühungen von du Bois-Reymond, bekannt geworden, dass der sie durchdringende Saft im ruhenden Zustand derselben *neutral,* dagegen im thätigen *sauer* reagire, sowie dass die nach dem Tode beginnende Zersetzung auf ihren ersten Stadien gleichfalls eine Säure producire. Diese Erfahrungen haben Funke*) veranlasst, auch die Reactionen einzelner Theile des *Nervensystems* zu studiren. Zufolge seiner Untersuchungen besteht in dem fraglichen Punkte vollkommene Uebereinstimmung zwischen *Nerv* und *Muskel.* Von Nerventheilen hat Funke das Gehirn, Rückenmark und auch grössere Nervenstämme untersucht. In einer ersten Versuchsreihe wurden diese Theile einem Thier entnommen, das mit Curara, d. i. einer Substanz getödet worden war, die das Thier in keine Krämpfe, nicht in Erregungen des Nervensystems versetzt; in einer zweiten dagegen wurde das Curara durch Strychnin substituirt, ein Gift, bei dessen Darreichung die Thiere unter den entgegengesetzten Symptomen zu Grunde gehen. Im ersten Falle reagirten die genannten Nerventheile neutral, im zweiten sauer. Was die Analysen von Nerventheilen anlangt, so hat man bisher vorzugsweise solche des Gehirns ausgeführt, keine aber hat in irgend eine Beziehung zur Hirnthätigkeit gebracht werden können, selbst ihr Einfluss auf unsere Kenntnisse über den *Stoffwechsel* in den verschiedenen Geweben ist gering. Mit Uebergehung der älteren Analysen von Couërbe, Vauquelin, Denis etc. heben wir aus den neueren Untersuchungen folgende Thatsachen heraus. In dem Wasserauszug des menschlichen Gehirns gelang es Müller**) folgende Körper nachzuweisen: Cholestearin, Kreatin, Milchsäure, Ameisensäure; in dem analogen Auszug des Ochsenhirns wurde gefunden: ein dem Leucin ähnlicher Körper oder gar dieses selbst, Ameisensäure, Milchsäure, Harnsäure und Inosit. Lorenz***) hat im Ochsenhirn noch Xanthin und Hypoxanthin nachgewiesen. Uebrigens war ein Theil dieser Körper, so namentlich Ameisensäure und Milchsäure, schon früher durch Bibra†) als Hirnbestandtheile

---

*) Ueber die Reaction der Nervensubstanz. Archiv für Anatomie und Physiologie, herausg. von Reichert und du Bois-Reymond, Jahrg. 1859, S. 835.

**) Ueber die chemischen Bestandtheile des Gehirns. Erlangen 1857.

***) Ueber die chemische Zusammensetzung des Gehirns. Chur 1859.

†) Vergleichende Untersuchungen über das Gehirn der Menschen und der Wirbelthiere.

nachgewiesen worden. Noch frühere Forscher, wie z. B. Fremy*), reden von zwei anderen Säuren, welche dem Gehirn eigenthümlich sein sollen. Sie gingen bisher unter dem Namen der *Cerebrinsäure* und *Oleophosphorsäure;* die Angaben aber über ihre Eigenschaften sind oft so widersprechend, dass es scheint, als ob jene Körper nicht reine chemische Individuen gewesen wären. Eine neuere, von Liebreich**) geführte Untersuchung verspricht, zum mindesten theilweise, Aufklärung darüber. Derselbe hat nämlich aus dem zerriebenen Gehirn, nachdem dasselbe wiederholt mit Wasser und Aether ausgezogen worden war, mittelst Alkohol von 85⁰ bei 45⁰ einen von ihm *Protagon* genannten Körper dargestellt, welcher phosphorhaltig ist und beim Kochen mit Baryt sich in *Glycerinphosphorsäure, fette Säuren* und in eine neue Basis, das *Neurin*, zerlegt. Auch von diesen besseren chemischen Angaben sind bis jetzt nur sehr wenige mit Nervenleistungen in Zusammenhang gebracht worden, und, selbst wo es geschah, sind nur Bezüge untergeordneten Ranges berührt worden.

§. 7.

Die electrischen Eigenschaften der ruhenden Nerven.

Von den physikalischen Eigenschaften interessiren uns nur die electrischen, da andere, wie z. B. die auf die Cohäsion und Elasticität bezüglichen, bisher in gar keinen Zusammenhang mit den physiologischen Leistungen der Nerven zu bringen waren.

Die vorzüglichsten Mittel zu dieser Untersuchung sind der Multiplicator mit langem, dünnem Draht und astatischer Nadel und die Spiegelboussole. Wegen des ungemein grossen Widerstandes, welchen die Nerven bieten, ist diese Wahl in Uebereinstimmung mit den auf S. 17 gemachten Bemerkungen geboten. Die Erfahrung hat überdies gelehrt, dass, wenn ein Multiplicator für alle in dies Gebiet einschlagende Versuche vollkommen brauchbar sein soll, er nicht leicht unter 12—16000 Windungen eines 0,15^{mm} dicken Drahtes besitzen darf. Rathsamer ist es jedoch, die Zahl der Windungen in beiden Instrumenten noch grösser zu nehmen; man hat demgemäss Multiplicatorgewinde von 24000 und mehr Windungen für diese Zwecke gebaut. Bevor wir an die Untersuchungen selbst gehen, haben wir uns zuvor noch zu fragen, ob wir wohl zweckmässiger den *Multiplicator mit Doppelnadel* oder die *Spiegelboussole* in der S. 25 beschriebenen Gestalt wählen sollen. Hierüber ist etwa Folgen-

---

*) Annalen der Chemie und Pharmacie XL, S. 69.

**) Annalen der Chemie und Pharmacie CXXXIV, S. 29.

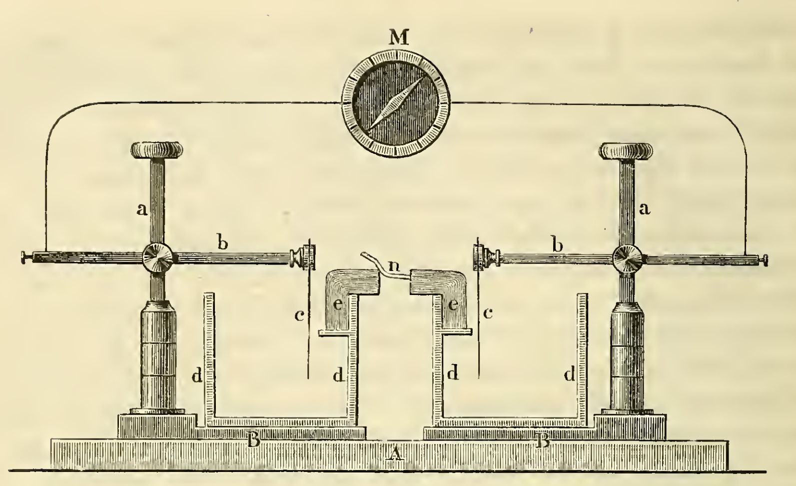
des zu sagen. Jedes Instrument hat seine besonderen Vortheile, doch liegt für weitere *Forschungen* im Gebiete der Electrophysiologie das Uebergewicht unzweifelhaft auf Seiten der Spiegelboussole. Erstlich bedarf sie keiner besonderen Graduirung, wie der Multiplicator, wenn es sich um messende Versuche handelt. Die Ablenkungen folgen ein für allemal einfach ohne weitere Vorbereitungen dem Tangentengesetz, während der Multiplicator einer zeitraubenden Graduirung bedarf, die ihrerseits mit der Astasie des Nadelpaares und der Länge des Fadens, die sich fortwährend in Folge der elastischen Nachwirkung verändert, wieder sehr vergänglich ist. Zweitens kommt die Magnetnadel zufolge der grossen Dämpfung rasch zur Ruhe und erlaubt daher die im Nerven vor sich gehenden electromotorischen Veränderungen sicherer zu verfolgen. Für den *Unterricht* dagegen mag sich mehr der Multiplicator mit Doppelnadel empfehlen; denn er verlangt zu seiner Aufstellung weniger umfangreiche Räumlichkeiten, erlaubt, die Versuche mehreren Personen zu gleicher Zeit vorzulegen und erleichtert dem Anfänger die Uebersicht über die anzustellenden Experimente, indem dieser beim Einschalten des Nerven in den Multiplicatorkreis diesen in seiner ganzen Ausdehnung leichter überblickt und die Wirkungen so zu sagen directer beobachtet. Die Einschaltung der Nerven in den Multiplicatorkreis darf nicht so geschehen, dass jene unmittelbar mit den metallischen Enden dieses in Berührung gebracht werden; denn verschiedene Punkte auch der scheinbar reinsten Metalloberfläche sind fast niemals electromotorisch gleich, und man würde daher bei jener Art des Einschaltens nie darüber sicher sein, ob ein beobachteter Strom seinen Ursprung electrischen Kräften im Nerven oder nur dem Umstand verdanke, dass man zwei electromotorisch verschiedene Stellen der Multiplicatorenden mittelst eines feuchten Leiters, des Nerven nämlich, zum Kreise geschlossen habe. Dieser Unsicherheit auszuweichen, bedient man sich der folgenden Vorrichtungen. Die eine derselben, deren sich du Bois-Reymond ursprünglich bediente, ist jetzt verlassen. Wegen des historischen Interesses aber, welches sich an dieselbe knüpft und wegen des weiteren Umstandes, dass gewisse Theile derselben in die zweite, hernach zu beschreibende Methode übergegangen sind, mag sie hier eine Stelle finden. Die Enden des Multiplicatordrahtes werden mit zwei Platinblechen verknüpft, welche aus einem Stück geschnitten und nach Ausglühen und Behandlung mit Kali und Salpetersäure mit destillirtem Wasser sorgfältig abgewaschen worden sind. Sie tauchen in Gefässe mit filtrirter, concentrirter Kochsalzlösung, aus welcher sich zwei Bäusche von Fliesspapier erheben. Durch einen dritten Bausch schliesst man den Kreis und lässt sich dessen etwaige Ungleichartigkeiten ausgleichen. Zur Vorsicht überzeugt man sich noch

unmittelbar vor Anstellung eines Versuchs, dass Oeffnen und Schliessen des Kreises mit Hilfe des Schliessungsbausches keinen wesentlichen Einfluss auf die Stellung der Nadel ausübt. Ist dies geschehen, so überkleidet man einen jeden der beiden Bäusche mit einem Stück aufgeweichter und in Eiweiss getränkter Blase, oder, was noch besser ist, mit vierseitigen Stückchen von Modellirthon *), welche man mit einer 1—2 procentigen Kochsalzlösung, welche die thierischen Theile verhältnissmässig wenig angreift, getränkt hat. Erst jetzt schaltet man zwischen diesen den Nerven ein und entfernt hierauf den Schliessungsbausch. Die erste Ausweichung der Nadel steht bei dieser Art, den Strom des Nerven dem Multiplicator zuzuleiten, in keinem Verhältniss zu der später erfolgenden, constanten Ablenkung, welche beträchtlich kleiner ausfällt, als man jener zufolge hätte erwarten sollen. Der Grund davon ist, dass sich theils der auf die Bäusche aufgelegte Nerv verändert, theils aber und vor allen Dingen die beiden Platinbleche sich polarisiren. Der letztere Nachtheil schlägt indess zu dem Vortheil um, dass nach Entfernung des Nerven aus dem Kreis und Schluss durch den Bausch man an der jetzt zu beobachtenden Richtung des Polarisationsstromes eine Controlle über die Richtung des vorherigen Nervenstroms erhält. Mit der Entdeckung unpolarisirbarer Electroden durch Regnauld **) ist indess diese Versuchsweise zurückgedrängt worden. Man ersetzt jetzt die Kochsalzlösung der Zuleitungsgefässe durch eine Lösung von schwefelsaurem Zinkoxyd und die Platinelectroden durch solche von Zink, welche mit Berjot'scher Flüssigkeit verquickt sind. Die Einschaltung der Nerven geschieht wie früher zwischen Thonschildchen der beschriebenen Art. Die auf S. 52 stehende Vorrichtung stellt das Schema eines Versuchs dar, den Nerven auf seine electromotorischen Eigenschaften zu untersuchen. In ihr bedeutet M den Multiplicator, welcher mittelst zweier Drähte mit der Zuleitungsvorrichtung verknüpft ist; a a sind wohl isolirte, auf den Unterlagen B befestigte Stative, welche ihrerseits auf einem Brete A stehen; d d sind Gefässe aus Porcellan oder Glas, welche mit einer Lösung von schwefelsaurem Zinkoxyd gefüllt sind, in welche die an den horizontalen Armen b b befestigten, mit Berjot'scher Flüssigkeit verquickten Zinkplatten c c tauchen; aus der schwefelsauren Zinkoxydlösung erheben sich die Bäusche e e, zwischen welchen der Nerven in der vorher erwähnten Weise eingeschaltet ist; die Thonschildchen oder die diese ersetzenden Kochsalzbäusche sind nicht gezeichnet.

---

*) du Bois-Reymond, Beschreibung einiger Vorrichtungen und Versuchsweisen zu electrophysiologischen Zwecken. Berlin 1863, S. 92 ff.

**) Siehe oben S. 30.



Ich ersuche den Leser, nach dieser kurzen Mittheilung der Grundsätze, nach denen jeder Multiplicatorversuch auszuführen ist, das Ausführlichere bei du Bois nachzulesen *).

Indem nun der Nerv in verschiedener Weise in den Multiplicatorkreis eingeschaltet wird, ergeben sich folgende Thatsachen:

a) Wird ein Stück eines lebendigen Nerven, sei er ein motorischer oder sensibler, so in den Kreis eines Multiplicators eingeschaltet, dass einerseits ein Punkt des auf die Längsaxe des Nerven senkrecht geführten *Querschnittes*, andererseits ein Punkt der natürlichen Oberfläche, des *natürlichen Längenschnittes*, aufliegt, so kreist im Multiplicator ein Strom, der von dem letzteren Punkte durch den Multiplicatordraht zum erst genannten geht.

b) Wird ein Nervenstück mit zwei Punkten des *natürlichen* Längsschnittes, von denen der eine dem geometrisch mittleren Querschnitt näher liegt, als der andere, in den Multiplicatorkreis aufgenommen, so erhält man ebenwohl einen, obgleich viel schwächeren Strom, der vom ersteren Punkt durch den Multiplicator zum letzteren geht. Hierbei ist es vollkommen gleichgiltig, ob die beiden Punkte auf einer oder verschiedenen Seiten vom geometrisch mittleren Querschnitt liegen.

c) Jeder künstlich angelegte Querschnitt des Hirns oder Rückenmarks verhält sich negativ gegen die positive Oberfläche der Hirn, Rückenmarksaxe.

d) Ein Unterschied zwischen motorischen und sensibeln Fasern ist nicht aufgefunden worden, und ebenso hat sich zwischen grauer und weisser Hirnsubstanz keine electromotorische Verschiedenheit ergeben.

*) Untersuchungen über thierische Electricität. Bd. I, S. 203.

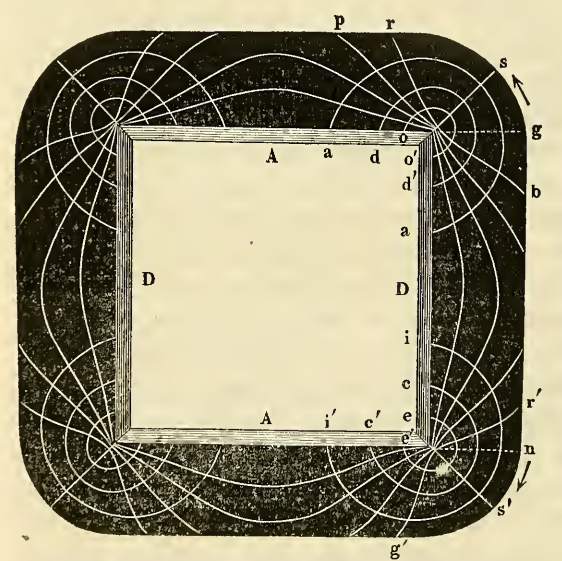
e) Die *Stärke* der Ströme anlangend, hat man gefunden, dass die Nadel annähernd oder vollständig in *Ruhe* bleibt, wenn man symmetrisch zum mittleren Querschnitt *) gelegene Punkte auflegt, dass sie dagegen allmählich wächst, wenn man bei gleich bleibender Entfernung der Bäusche, sogenannter gleicher *Spannweite*, immer mehr vom electromotorischen Aequator weg nach dem Querschnitt rückt, oder wenn man, bei *veränderlicher* Spannweite, mit dem einen Bausch sich immer mehr dem Querschnitt nähert, während der andere unverrückt bleibt, wobei die Ströme, wenn sie von entgegengesetzten Seiten des electromotorischen Aequators gewonnen werden, die entgegengesetzte Richtung im Multiplicator befolgen. Das *Maximum* der Wirkung wird erhalten, wenn der eine Bausch den electromotorischen Aequator, der andere einen Querschnitt berührt.

f) Theilt man einen Nerven der Quere nach, so wiederholt jedes einzelne Stück *dieselben Gesetze* und dies stellt sich bei weiterer Theilung so lange ein, als die Geschicklichkeit des Experimentators und die Güte der Vorrichtungen eine vorwurfsfreie Anstellung der Experimente erlauben. Auch wenn man die Nerven der Länge nach spaltet, tritt keine Abweichung von den erwähnten Gesetzen ein.

Um dieses eigenthümliche, electrische Verhalten des Nerven und ebenso das des Muskels, welches bis hieher auf's Genaueste mit dem des Nerven übereinstimmt, zu erklären, hat man verschiedene Hypothesen aufzustellen versucht. Man ist einstweilen bei der Annahme stehen geblieben, *dass der Nerv aus einer unbestimmten Menge überall mit einer feuchten Schicht umgebener, peripolarer Molekeln bestehe, welche sämmtlich aus einer positiven Aequatorial- und zwei negativen Polarzonen zusammengesetzt und deren die letzteren verbindende Axen sämmtlich der Längsaxe des Nerven parallel gerichtet seien.* Man ist zu dieser Annahme durch den folgenden Gedankengang geführt worden. In Erinnerung daran, dass es Ampère gelungen ist, auf die ähnliche Wahrnehmung hin, dass ein in beliebig viele Stücke zerbrochener Magnet eben so viele kleine Magnete liefert, die einzelnen magnetischen Erscheinungen eines Stabes aus der Annahme abzuleiten, es sei derselbe aus einer unendlich grossen Anzahl von Molekularmagneten zusammengesetzt, meinte man, müsse, da ja auch jedes kleinste Nervenstückchen noch nach den Gesetzen des ganzen electromotorisch wirkt, es möglich sein, die electrischen Erschei-

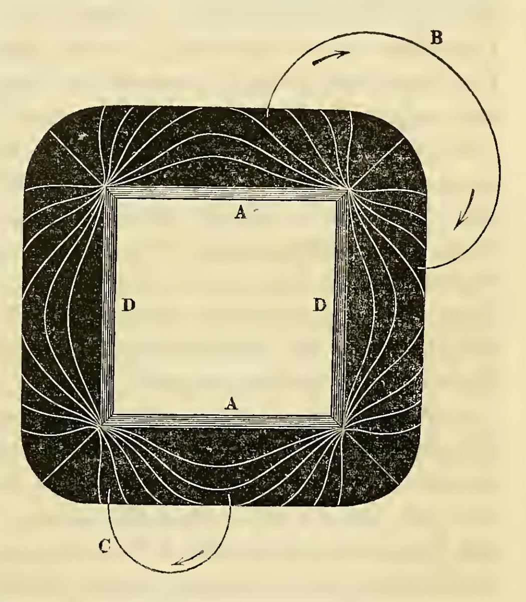
*) Der ideelle Querschnitt des Nerven, um welchen, wie sich aus dieser und den folgenden Angaben ergiebt, die electromotorischen Kräfte symmetrisch angeordnet sind, heisst der electromotorische Aequator; er fällt *nicht genau* mit dem geometrisch mittleren Querschnitt zusammen.

nungen des letzteren abzuleiten, wenn man annehme, dass er aus Nervenmolekülen bestehe, von denen in der fraglichen Beziehung ein jedes die Erscheinungen des Ganzen wiederhole. Demgemäss handelte es sich nun darum: erstens, ein Molekül zu erdenken, welches sämmtliche Stromerscheinungen des Nerven zeigt, und zweitens, zu zeigen, dass, wenn man viele eines solchen in einer bestimmten Weise combinirt, ein so construirtes Ganze dieselben Eigenschaften beobachten lässt. Der ersten Anforderung genügt nun zwar nicht ein den Erscheinungen des ganzen Nerven nachgebildetes Molekül mit einer mittleren positiven und zweien negativen Endzonen, etwa einem Cylinder, oder einer Kugel vergleichbar, dessen Basen aus Kupfer und dessen Mantel aus Zink besteht; denn von einem solchen lässt sich zwar ein Strom vom Längsschnitt durch den Bogen zum Querschnitt ableiten, aber keine Ströme zwischen verschiedenen Punkten des Längs- oder Querschnittes. Aber wenn man ein solches Molekül sich in eine feuchte Schicht von überall gleicher Dicke gebettet denkt, dann leistet es, was wir von ihm verlangen. Dies sieht man durch Betrachtung der beistehenden Figur ein, welche ein solches Molekül in der Art repräsentirt, dass A A die negativen, kupfernen Basen, D D den positiven, zinkernen Mantel, die schwarz gehaltene Umgebung die dasselbe einhüllende Flüssigkeitsschicht bezeichnet. Gemäss derselben findet Folgendes statt. Von einem jeden Punkte o′ d′ . . . i c e des Zinks geht ein Strom durch die Flüssigkeit in der Richtung der Pfeile zum Kupfer.



Die *Stärke* der verschiedenen Ströme hängt von der Länge ihrer Wege ab, je grösser diese, desto schwächer jene. Es werden daher die von der Mitte des Zinkmantels ausgehenden und in der Mitte der Kupferflächen eintretenden Ströme am schwächsten sein. Die die Ströme andeutenden krummen Linien, wie a′ a, d′ d, o′ o, i i′ u. s. w. heissen *Strömungscurven.* Nun wissen wir aber, dass in jeder durch einen überall *gleich* beschaffenen Bogen geschlossenen Kette in der Mitte des Schliessungsbogens sich Electricität von der Spannung Null vorfindet, dass letztere

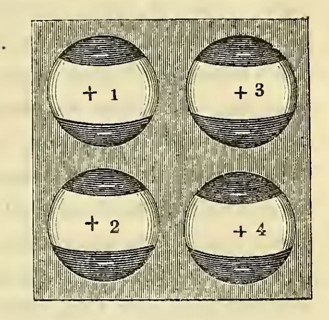
nach beiden Seiten hin allmählich *zunimmt* und dass diese Spannungen bei gleicher electromotorischer Kraft um so grösser ausfallen, je grösser die Widerstände der Kette sind. Wir müssen uns daher auf einem jeden Punkte der zahllosen Strömungscurven Electricität von einer Spannung denken, wie sie der Länge des Stromweges und der Entfernung von dem electromotorischen Berührungspunkt entspricht. Verbinden wir dann in Gedanken auf allen Strömungscurven jedesmal die Punkte *gleicher* Spannung, so erhalten wir eine Reihe von Curven, wie z. B. die von der Ecke s ausgehenden und bei dem Punkte s' eintretenden, welche die Strömungscurven im Allgemeinen rechtwinklich schneiden; man nennt sie *isoelectrische Curven.* Sie sind besonders in beistehender Figur, in welcher A die Zink-, D die Kupferzone bedeutet, dargestellt. Man sieht nun, dass man von einer solchen Vorrichtung dieselben Ströme, wie von einem Nerven und Muskel ableiten kann, wie dies in der That auch von du Bois-Reymond an einem besonders zu diesem Zwecke construirten Apparate geschehen ist. Bei Anlegung des leitenden, den Multiplicator enthaltenden Bogens, wie in der Stellung B, wird ein Strom von der Zinkfläche (Längsschnitt) durch den Bogen zur Kupferfläche (Querschnitt) gehen; denn welche besondere Lage man auch den Fusspunkten des Bogens in dieser Stellung anweisen mag, immerhin verbinden sie Punkte *entgegengesetzter* Spannung, und es muss daher ein Strom in der angegebenen Richtung zu Stande kommen. Bei der Stellung C des Bogens muss eben wohl ein Strom entstehen und zwar von dem dem mittleren Querschnitte des Cylinders näher gelegenen Punkte durch den Bogen zu dem jenem ferner liegenden. Zwar sind nicht zwei Punkte, welche der *Art* nach *verschiedene* Electricitäten tragen, aber doch immerhin solche von *verschiedener und zwar solcher Spannung* in Verbindung gesetzt, dass der dem mittleren Querschnitt nähere Fusspunkt des Bogens auf einem Punkte stärkerer Spannung ruht, als der demselben fernere und somit die Ausgleichung in der bezeichneten Weise vor sich gehen muss. Man



sieht ferner ein, dass, wenn man in unserem Schema zwei ungleich weit von dem Mittelpunkt über der Kupferfläche liegende Punkte durch einen leitenden Bogen mit einander in Verbindung setzen würde, in letzterem ein Strom von dem der Peripherie näher gelegenen Punkte zu dem ihr ferner liegenden gefunden werden würde; denn Punkte geringerer negativer Spannung sind als positiv gegen die stärkerer negativer Spannung zu betrachten. Wegen der Kleinheit des Querschnittes am Nerven sind die dieser Anordnung entsprechenden Ströme zwar an letzterem nicht, wohl aber an dem grösseren Querschnitt des Muskels nachgewiesen worden; man setzt sie aber, da das electromotorische Verhalten ruhender Nerven mit dem ruhender Muskeln übereinstimmt, auch hier voraus. Dass diese Strömungsvorgänge nicht leere Speculationen sind, wie der Uneingeweihte leicht glauben möchte, ergiebt sich daraus, dass, wenn man sich einen Cylinder anfertigen lässt. welcher aus einem Mantel von Zink besteht und dessen Grundflächen Kupfer sind und einen solchen in ein mit verdünnter Schwefelsäure gefülltes, hinlänglich grosses Gefäss legt, so dass es überall nahezu gleichmässig von Flüssigkeit umspült wird, man mittelst mit einem Multiplicator in Verbindung stehender Platindrähte, welche man in Glasröhren einschliesst, so dass sie an einem Ende derselben gleichsam nur punktförmig hervorragen, von der feuchten Schicht genau die beschriebenen Ströme ableiten kann, sobald man ihnen die erwähnten Stellungen giebt.

Wir haben aber jetzt nun noch weiter zu fragen, ob, wenn wir derartige Moleküle uns in der S. 53 angedeuteten Ordnung vereinigt denken, das Ganze bei Anlegung eines Bogens in derselben Weise wirksam ist. Der Urheber dieser Hypothese bejahte diese Frage und zwar mit Rücksicht auf eingehende Betrachtungen über die Strömungsvorgänge eines solchen Molekelhaufens, bestärkt darin durch Beobachtungen, welche er an der Theorie nachgebildeten Modellen anstellte, und welche mit den theoretischen Ableitungen befriedigend übereinzustimmen schienen. Dabei blieb jedoch einige Dunkelheit über die Entstehung der Ströme an Längsschnitt und Querschnitt allein. Nach der Entdeckung des Princips von der electrischen Oberfläche durch Helmholtz wurde von letzterem besonders einsichtlich gezeigt, dass in der That die zuletzt genannten Ströme, sowie auch der Umstand, dass die von den Muskeln und Nerven abgeleiteten Ströme nach du Bois mit der Dicke derselben zunehmen sollen, nicht mit der alleinigen Annahme, dass der Nerv aus peripolaren Molekeln, so geordnet, wie oben beschrieben, bestehe, verträglich sei. Nach diesem Principe nämlich lässt sich für einen Leiter, in dessen Innerem electromotorische Kräfte irgendwie vertheilt sind, eine Anordnung von Spannungen auf der Oberfläche finden, unter deren Wirkung

sich in einem angelegten Leiter Ströme ganz so ergiessen. wie sie es thun würden, wenn statt ihrer der ursprüngliche Leiter zur Ableitung benutzt würde. Sobald also für einen solchen die electromotorische Oberfläche gefunden ist, sind die Gesetze, denen die abgeleiteten Ströme folgen, leicht anzugeben. Legen wir nun, wie es die beistehende Figur andeutet, zwei peripolare Molekel 1 u. 2 so, dass sie mit ihren negativen Zonen aneinanderstossen, so wird sich die Wirksamkeit der letzteren als in entgegengesetztem Sinne wirkend aufheben, und wenn wir in derselben Reihe fortfahren, neue Molekeln zuzufügen, so wird zwischen jedem neuen Paar von Molekülen immer dasselbe stattfinden, so dass also schliesslich nur noch die beiden äussersten, oben und unten gelegenen, negativen Zonen, sowie die positiven aller Molekeln übrig bleiben. Legen wir weiter an das oberste Molekül in horizontaler Reihe ein zweites 3, so dass beide mit ihren positiven Zonen an einander stossen, so werden sich auch deren Wirkungen daselbst aufheben und wenn wir dem zweiten ein drittes u. s. w. zufügen, so bleiben schliesslich nur die positiven Spannungen der äussersten Moleküle an der Oberfläche übrig Wird an das zweite Molekül der senkrechten Reihe eine zweite, mit 4 anfangende Horizontalreihe gefügt und so fortgefahren bis zum letzten der ersten, so wird ein solcher Molekelhaufen oben und unten, wir nennen diese Begrenzung seine Querschnitte, negative und an seinen Seiten, d. i seinem Längsschnitt, eine positive Spannung zeigen, welche den Mittelwerth der positiven Spannungen der einzelnen Moleküle darstellen wird. Auf diese Weise haben wir die electrische Oberfläche dieser Molekularanordnung gefunden. So wird demnach, falls wir mit du Bois-Reymond uns den Nerven aus peripolaren Molekeln in der oben angegebenen Weise angeordnet denken, auch die electrische Oberfläche der Nerven beschaffen sein. Legen wir an sie einen Bogen an, der Längs- und Querschnitt mit einander in Verbindung setzt, so wird in diesem ein Strom vom ersteren zum letzteren fliessen. Unsere Hypothese bewährt sich also für diese Anordnung. Da aber auf dem Längsschnitt aus den einzelnen positiven, und auf dem Querschnitt aus den einzelnen negativen je eine mittlere positive, resp. negative Spannung entstehen muss, so fehlen hier die Ursachen für Ströme in einem Bogen, den man zwischen verschiedenen Punkten des Längs- oder Querschnittes anlegt. Auch kann, wie schon oben bemerkt wurde, die Dicke des Nerven Nichts zur Verstärkung des Stromes zwischen Längs- und Querschnitt beitragen, da sich die Wirkungen der inneren Moleküle



gegenseitig zerstören. Indess hat doch du Bois-Reymond den Versuch gemacht, die am Nerven gewonnenen Erfahrungen mit den Folgerungen der Theorie in Einklang zu bringen Wir wollen jedoch hier den Gegenstand dem Leser zum weiteren Selbststudium übergeben, indem wir ihm noch das wesentliche Hilfsmittel an die Hand geben, von wo aus er dasselbe beginnen muss. Ist nämlich Alles so, wie es aus dem Gesetz von der electrischen Oberfläche abgeleitet worden ist, so muss dann weiter, wenn die Oberfläche der äusserst gelegenen Moleküle mit einer Schicht unwirksamer, aber leitender Substanz überzogen ist oder sich an frischen Querschnitten rasch bildet, durch diese hin ein Strom vom Längs- zum Querschnitt entstehen und bei der Anlage eines Bogens an diese Strombahn, sei es auf dem Längs- sei es auf dem Querschnitt, sich ein Zweigstrom ergiessen. Ueber ihre Richtungen und Stärken wolle man die von du Bois-Reymond*) darüber angestellten Betrachtungen durchgehen. Aus der Thatsache, dass das kleinste Stückchen eines Nerven, welches noch zu handhaben ist, gesetzmässige Ströme giebt, folgt noch die freilich ganz überflüssige Bemerkung, dass man sich jeden Nerven im Zustande einer geschlossenen Kette zu denken hat; denn jedes electromotorisch wirksame Stück desselben findet in der feuchten Masse seiner Nachbarn Gelegenheit zur Ausgleichung seiner electrischen Spannungen. Hieraus ergiebt sich dann endlich auch, dass die an den Nerven im Multiplicatorkreise beobachteten Ströme *abgeleitete* sind und uns also gar keine Vorstellung von der Summe der in einem Nerven vorhandenen, electromotorischen Kräfte geben.

Quantitative Bestimmungen über die Nerven und Muskelströme waren bis zur Entdeckung unpolarisirbarer Electroden unmöglich. Jetzt, wo dieses Hinderniss beseitigt ist, hat auch dieses Gebiet in Angriff genommen werden können nnd stehen Publikationen darüber in naher Aussicht.

§. 8.

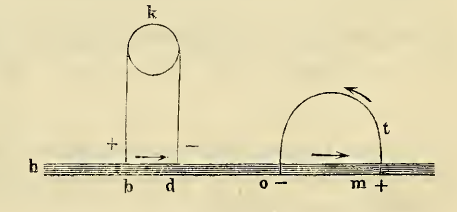
Der Electrotonus.

Wir gelangen jetzt zu denjenigen electrischen Erscheinungen des Nerven, welche beobachtet werden, wenn derselbe irgend welchen besonderen, äusseren Einwirkungen ausgesetzt wird. Wir machen den Anfang mit denen, welche sich ergeben, wenn der Nerv an irgend einer Stelle seines Verlaufs in den Kreis einer *constanten* Kette genommen

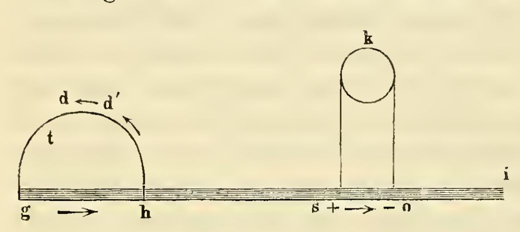
---

*) du Bois-Reymond: Ueber das Gesetz des Muskelstromes mit besonderer Berücksichtigung des M. gastrocnemius des Frosches. Archiv für Anatomie und Physiologie von Reichert und du Bois-Reymond. 1863. S. 521.

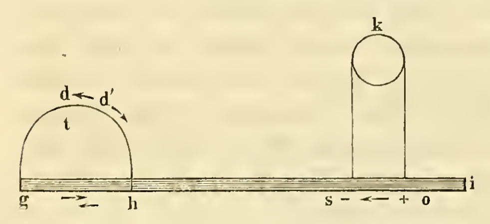
wird. Den eigenthümlichen, electrischen Zustand, in welchen der Nerv durch diese Einwirkung verfällt und in welchem er während der ganzen Dauer des Geschlossenseins der Kette beharrt, hat man mit dem Namen des *Electrotonus* desselben belegt. Wir bemerken dabei, dass zur Zeit seiner Entdeckung keine physiologische Erscheinung bekannt war, welche auf seine Existenz hindeutete, und dass man seine Auffindung nur einer übermässigen Vorsicht des Entdeckers verdankt. Diese letztere stellte sich bei folgender Ueberlegung ein. Man wusste bereits, dass ein motorischer Nerv im Allgemeinen einem constanten, galvanischen Strom gegenüber sich in der Art verhält, dass nur Schwankungen des letzteren den die Zuckungen des Muskels erregenden Vorgang im Nerven erzeugen (siehe §. 12), dagegen die constante Fortdauer des Stromes dieser Art Nichts bewirkt, den Muskel vollkommen in Ruhe lässt. Mit Wahrscheinlichkeit schliesst man aus diesem Verhalten, dass, wenn ein Nerv an einer Stelle von einem constanten Strom durchflossen wird, auf seinem Reste nur dann, wenn überhaupt, Veränderungen seines electrischen Verhaltens zur Beobachtung kommen werden, wenn jener gewissen Schwankungen unterworfen ist, und dass, so lange solche nicht vorkommen, scheinbar auch kein Grund für die Annahme vorhanden ist, dass die electrischen Zustände der Nerven sich ändern. Indess sagte sich der Entdecker, dass die eben entwickelte Wahrscheinlichkeit auf einem so schlüpfrigen Gebiete, wie das der thierischen Electricität, doch der besonderen Prüfung werth sei. Sie ergab, dass, entgegen der Vermuthung, der Nerv doch eine Aenderung seines electrischen Verhaltens unter den angegebenen Bedingungen erfuhr. Das Wesen aber des electrotonischen Zustandes besteht nun genauer darin, dass der *Nerv unter Beibehaltung seines ursprünglichen, electromotorischen Wirkungsgesetzes auf allen*, also auch auf den nicht unmittelbar von dem constanten Strom betroffenen, *Punkten seiner Länge electromotorisch zu wirken anfängt*, und zwar *im Sinne des erregenden Stromes selber;* so dass also, wenn man sich zwei beliebige Punkte des Nerven durch einen leitenden Bogen verbunden denkt, sich in Folge dieses Zustandes in dem Nervenstück, welches von jenen zwei Punkten eingeschlossen wird und dem Bogen ein Strom bewegt, der jenes in derselben Richtung durchfliesst, wie der Strom der constanten Kette dasjenige Nervenstück, welches in ihren Kreis eingeschaltet ist. Geht also z. B. in der beistehenden, chematischen Zeichnung der Strom der Kette k durch das Nervenstück b d im Sinne des Pfeiles, so



wird der ganze Nerv h dergestalt electrisch, dass, wenn die zwei beliebig gewählten Punkte o m durch den Schliessungsbogen t mit einander verbunden werden, in diesem und dem Nervenstück o m ein Strom kreist, welcher, wie der Pfeil andeutet, dieselbe Richtung im Nerven hat, wie der der Kette k in dem von ihr durchflossenen Nervenstück. Da die Richtung des Stromes t o m dadurch gegeben ist, dass m positiv und n negativ ist, so drückt man wohl auch das Wesen des Electrotonus so aus, dass man sagt, es bestehe darin, dass jeder Punkt, hier o, des Nerven sich *negativ* verhalte gegen jeden im Sinne des *erregenden* Stromes *vor*, hier m, ihm gelegenen. Hieraus lässt sich jetzt im Voraus bestimmen, welches die Erscheinungen sein werden, wenn ein in den *Multiplicatorkreis* eingeschalteter Nerv in den electrotonischen Zustand versetzt wird*).



Es sei der Nerv g i in den Multiplicator mittelst der Punkte g und h eingeschaltet; so wird der ursprüngliche Nervenstrom seinen Weg durch den Multiplicator in der Richtung des Pfeiles d nehmen und eine bestimmte Nadelablenkung erzeugen. Jetzt werde das Stück s o in die constante Kette k so genommen, wie die beigefügten Zeichen angeben. Der ganze Nerv verfällt mit dem Schluss der Kette in electrotonischen Zustand und nach den obigen Regeln findet man, dass in demselben Schliessungsbogen t, in welchem der ursprüngliche Nervenstrom in dem Sinne des Pfeiles d fliesst, ausserdem noch ein Strom, hervorgerufen durch den electrotonischen Zustand, im Sinne des Pfeiles d′ fliessen und jenen *verstärken* muss. Durch eine ganz ähnliche Ueberlegung findet man, dass in einer Anordnung, wie in beistehender Figur,



der ursprüngliche Nervenstrom eine *Abnahme* erleiden muss. Ebenso ist ersichtlich, dass, wenn man beide Enden eines Nerven, je eines in einen besonderen Multiplicator einschaltet, und in der Mitte zwischen beiden die constante Kette anbringt, an dem einen Ende Zunahme, am anderen Abnahme des vorher vom Nerven abgeleiteten Stromes erfolgen

*) Ich bemerke, dass diese Multiplicatorversuche es jedoch erst waren, welche zu dem obigen Ausdruck des Wesens des Electrotonus geführt haben. Sie sind daher hier als Beweis jenes anzusehen.

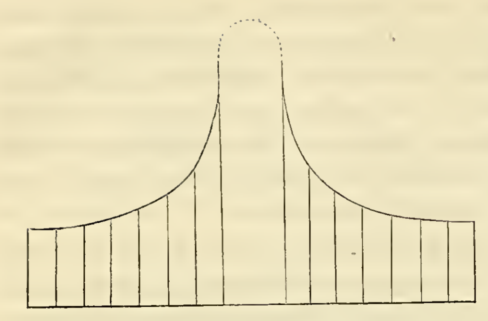
wird. Dieser äusserst wichtige, aber umständliche und schwierige Versuch ist in der That von du Bois-Reymond ausgeführt worden. Von einer Zu- oder Abnahme des Nervenstroms durch den Electrotonus kann natürlich dann keine Rede sein, wenn zwei symmetrisch zum electromotorischen Aequator gelegene Stellen auf die Multiplicatorbäusche aufgelegt sind, weil diese an und für sich keinen Strom geben; man beobachtet alsdann rein den Strom des Electrotonus.

Ohne für jeden einzelnen Fall zur Vorherbestimmung der im Multiplicatorkreis zu gewärtigenden Wirkungen die früheren Ueberlegungen durchzumachen, findet man leicht den Erfolg stets durch folgende Regel bestimmt: *Laufen der Strom der constanten Kette in seinem und der von dem Nerven abgeleitete gleichwohl in seinem Stück in gleichem Sinn, so erleidet der ursprüngliche Nervenstrom einen Zuwachs, laufen beide in entgegengesetztem Sinne, so eine Abnahme.* Diese Erscheinungsweise des electrotonischen Zustandes an in den Multiplicator eingeschalteten Nerven hält man durch folgende, in die Nervenphysik eingeführte Ausdrücke fest. Die zwischen den Electroden der Kette befindliche Strecke des Nerven heisst die *erregte*, die in den Multiplicator eingeschaltete die *abgeleitete;* erhält der Nervenstrom Zuwachs, so sagt man, der Nerv befinde sich in der *positiven Phase*, oder die erregende Kette sei zu dieser geschlossen, findet *Abnahme* statt, so das Umgekehrte.

Folgende Einzelheiten des Electrotonus bedürfen noch der Erwähnung. Die *Grösse* desselben ist abhängig von den *Lebenseigenschaften* des Nerven, von der Länge *der erregten Strecke*, von der *Dichte* des diese durchziehenden Stromes und von der *Schiefe* der Richtung, in welcher die Electroden gegen die Längsaxe des Nerven angesetzt sind, indem er mit der Zunahme all dieser Umstände ebenfalls wächst. Ueberdies ist die Grösse des Stromzuwachses im Electrotonus nicht auf allen Punkten der Länge des Nerven gleich gross, sie ist am grössten in der Nähe *) der Electroden und nimmt von da an allmälich ab, jedoch nicht so, dass, wenn man sich immer um gleich lange Stücke von den Electroden entfernt, auch die Abnahme in der Grösse des Electrotonus stets um gleich viel geschieht; sondern so, dass er auf gleiche Längen in der Nähe der Electroden mehr, als in grösserer Entfernung von denselben und zuletzt fast gar nicht mehr abnimmt. Stellen daher, in der

---

*) Oder besser *zwischen* den Electroden. Der Beweis dafür kann freilich nicht direct geliefert werden. Man findet dies *wahrscheinlich* der *Theorie* des Electrotonus zu Folge.

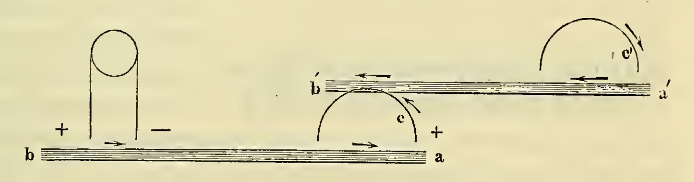


beistehenden Figur, die senkrechten Linien rechts von der Mitte die Grössen des Zuwachses für gleiche Strecken und die links von der Mitte errichteten Senkrechten die Grössen der Abnahmen für ebenfalls gleiche Strecken vor, so ist die die Enden der Senkrechten verbindende Linie die Curve, nach welcher die Grösse des Electrotonus sich richtet *). Zu dieser Einsicht ist man dadurch gelangt, dass man, sobald der Nervenstrom im Multiplicator abgeleitet war, mit gleichweit von einander abstehenden Electroden sich immer mehr der abgeleiteten Strecke näherte oder von ihr entfernte. An *todten* Nerven und anderen feuchten Leitern wird er *gar nicht* beobachtet.

Man könnte versucht sein, zu glauben, dass die in Folge des electrotonischen Zustandes veränderte Nadelablenkung von in den Multiplicator einbrechenden Stromesschleifen der erregenden Kette herrühre. Dies ist indess nicht der Fall. Die Physiker wissen schon seit längerer Zeit, dass, wenn zwei in sich geschlossene, neben einander verlaufende Stromkreise durch einen schlechten Leiter von geringem Querschnitt mit einander verbunden werden, keine Spur von Strom aus dem einen Kreis in den anderen übergeht. Direct kann man sich indess hier davon dadurch überzeugen, dass, sobald der Nerv zwischen dem einen Multiplicatorbausch und der vorderen Electrode durchschnitten ist und die Schnittenden wieder feucht zusammengefügt sind, wodurch der Nerv seine Leitungsfähigkeit für den Strom nicht einbüsst, keine Aenderung mehr in dem Stand der Nadel beim Schluss der erregenden Kette beobachtet wird. Gleichzeitig erfahren wir hierdurch, dass der Electrotonus in irgend einer nahen Beziehung zum Innervationsvorgang stehen muss, da die Fortpflanzung *beider* durch *Durchschneiden gehemmt* wird, doch sind sie selbstverständlich nicht identisch; denn wir werden später (§. 12) sehen, dass nur der Ein- und Austritt eines Nerven in und aus dem electrotonischen Zustand das die Zuckung des Muskels, also auch den Innervationsvorgang, bedingende Moment ist.

**) Die Ordinaten sind von der Mitte aus auf beiden Seiten *gleich gross* genommen, obgleich eine genauere Untersuchung ergeben hat, dass eine Differenz zu Gunsten der *positiven Phase* besteht.

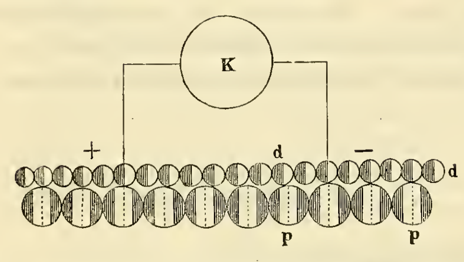
Für die Folge ist es wichtig, noch auf zwei hierher gehörige Thatsachen aufmerksam zu machen. Die erste betrifft die Erscheinungen des electrotonischen Zustandes, wenn der Nerv gleichzeitig *zweien* constanten Strömen ausgesetzt wird. Wir betrachten hier jedoch nur den besonderen Fall, wo beide erregende Ströme sich auf *einer und derselben Seite* der abgeleiteten Strecke befinden und nennen hierbei die dieser zunächst liegende erregte, die *erste*, die entfernter von ihr liegende die *zweite* erregte Strecke. Man beobachtet nun, dass bei gleicher und grösserer Dichte des Stromes in der zweiten, erregten Strecke sich beide Phasen derselben durch beide Phasen der ersten erregten Strecke hindurch fortpflanzen, dass aber bei grösserer Dichte des Stromes in der ersten erregten Strecke die Phasen der zweiten erregten durch jene hindurch *nicht* beobachtet werden und dass selbst nach *Oeffnung* der Kette der ersten erregten Strecke dieselben noch ausbleiben, gleich als ob der Nerv durch den stärkeren Strom für die Phasen der zweiten erregten Strecke *undurchgänglich* gemacht wäre. Die zweite ist der sogenannte *secundär electrotonische Zustand.* Denkt man sich nämlich den Nerven a b in beistehender Figur durch die Kette k in electrotonischen Zustand versetzt, so werden, wenn man sich auf der ganzen Länge des Nerven überall zwei



Punkte durch einen Bogen verbunden denkt, Ströme entstehen, wie der bei c. Liegt nun dem Nerven a b ein zweiter a' b' an, so bildet dieser selbst für jene zahllosen Strömchen den Schliessungsbogen; sie alle aber durchziehen ihn dann in der Richtung des Pfeiles c, also in entgegengesetzter Richtung, in welcher der Nerv a b durchzogen wird. Das Resultat der Wirkung sämmtlicher Strömchen ist, dass der Nerv a' b' *secundär* in electrotonischen Zustand verfällt. Auch ergiebt sich, dass die am Ende a' desselben Nerven beobachtete Phase die umgekehrte, *complementäre*, von der sein muss, als wenn er direct von dem Strome der Kette in der bezeichneten Richtung durchzogen worden wäre.

Theorie des electrotonischen Zustandes. Um die Kräfte, welche im electrotonischen Zustand entwickelt werden, entstehen zu sehen, muss man sich die einzelnen Nervenmolekel nach dem Bilde der Volta'schen Säule angeordnet denken. Mit den Elementen einer solchen verglichene Molekeln können aber nur noch *zwei* Zonen, eine positive und eine negative, besitzen, müssen folglich *dipolar* sein. Man sagt daher, *dass im electrotonischen Zustand dipolare Nervenmolekeln säulenartig ange-*

ordnet seien. Man findet diese Hypothese in Uebereinstimmung mit der Theorie über die Anordnung der Theilchen eines feuchten Leiters, durch welchen ein Strom zieht. Zwischen den Electroden nämlich werden sämmtliche Nervenmoleküle so geordnet werden, dass sie ihre negativen Elemente der positiven und ihre positiven der negativen Electrode zukehren. Zu dem Ende aber müssen die zur Erklärung des ruhenden Nervenstromes vorausgesetzten, peripolaren Molekeln eine Zerfällung erleiden. Die einfachste Vorstellung in dieser Beziehung ist die, dass man annimmt, jede peripolare Molekel sei aus zwei mit ihren positiven Zonen aneinander stossenden, dipolaren Molekeln zusammengesetzt, in welche sie beim Schluss der Kette sich zerlege. Dass aber eine solche Zerlegung und Anordnung auch jenseits der beiden Electroden stattfindet, ist zunächst eine Annahme, die zwar in der Physik keine weiteren Analogieen hat*), welche aber aber auch nicht gegen die Gesetze der Anziehung leicht beweglicher, electrischer Moleküle anstösst. Die nebenstehende Figur schematisirt diese Anordnung; die untere Reihe stellt die peripolaren Molekeln dar, mit deren Hilfe wir den ruhenden Nervenstrom erklären, punktirte Linien durch die Mitten der positiven Zonen deuten ihr Bestehen aus dipolaren Molekeln an, in welche vollständig zerfallen sie durch die obere Reihe dargestellt sind.



In der That nun erläutert diese Vorstellungsweise alle Erscheinungen des electrotonischen Zustandes. Sie macht verständlich: wie an beiden Enden eines in der Mitte vom Strom durchflossenen Nerven entgegengesetzte Phasen zum Vorschein kommen, was der Leser ohne weitere Erläuterung einsehen wird; wie die verschiedene Ausbildung des electrotonischen Zustandes von der Stromdichte abhängig ist, je stärker nämlich diese, desto vollständiger die Zerfällung der peripolaren Molekeln in dipolare; wie sie mit der Entfernung von den Electroden abnehme, jedes Molekül hat sein nächst nachbarliches zu richten und findet dabei in ihm einen gewissen Widerstand, so dass es dasselbe nicht so stark zu richten vermag, als es selbst gerichtet wurde; und dass er *fehle*, wenn der Strom *senkrecht* auf die Längsaxe des Nerven gerichtet ist, indem in diesem Fall, wie eine einfache Zeichnung ergiebt, die

---

*) Wenn man nicht etwa dahin zählen will, dass eine verhältnissmäsig kurze, von einem Strom durchflossene Rolle, über einen langen Stab weichen Eisens gezogen, diesen bis an seine *Enden* zum Electromagneten macht.

ausserhalb des Stromkreises den Electroden zunächst liegenden Theilchen unter dem Einfluss entgegengesetzter Kräfte stehen.

§. 9.

Die Eigenschaften des *tetanisirten* Nerven.

Man versteht unter einem *tetanisirten* Nerven einen solchen, welcher auf irgend einer Strecke seines Verlaufs von einem fortwährend unterbrochenen Strom, sei es immer in gleichem, sei es in verschiedenem Sinne, durchflossen wird, oder welcher auch, anstatt diesem, chemischen, mechanischen oder thermischen Einflüssen ausgesetzt wird. Die Bezeichnung *tetanisirter* Nerv verdankt der Thatsache ihre Entstehung, dass ein mit einem auf die eben angegebene Art behandelten Nerven verbundener Muskel nicht eine einfache Zuckung, sondern viele, rasch auf einander folgende derselben, welche zu einer längere Zeit andauernden Contraction verschmelzen, darbietet, sich in *Tetanus* befindet. Hat man nun einen Nerven mit einem Stück in den Multiplicatorkreis eingeschaltet und wird sein Rest dann auf *electrischem* Wege tetanisirt, so hängen die Erscheinungen, welche man an dem vom Nerven abgeleiteten Strom beobachtet, wesentlich von der *Art* des Tetanisirens ab. Sind die tetanisirenden Ströme *gleich* gerichtet und wird die Unterbrechung einfach durch Oeffnen und Schliessen einer Hydrokette, ein Verfahren, welches eben nicht sonderlich geeignet ist, Ströme von *äusserst kurzer Dauer* herzustellen, hervorgebracht; so treten stets nur die *Phasen des electrotonischen Zustandes* auf, es ist gerade so, als ob der Nerv von einem constanten Strom dauernd durchzogen würde. Tetanisirt man durch gleichgerichtete, nur höchst flüchtig auftretende Ströme, wie sie sich von Magnetelectromotoren oder voltaelectrischen Inductionsvorrichtungen gewinnen lassen; so erscheinen bald beide Phasen im richtigen Sinne, die positive jedoch zumeist schwächer, bald erscheint nur eine Abnahme des abgeleiteten Nervenstromes. Wird endlich der Nerv auf die Weise tetanisirt, dass er von *abwechselnd* gerichteten Strömen einer Hydrokette, welche man mittelst des Poggendorff'schen Inversors, einer Vorrichtung, welche umkehrt und zugleich unterbricht, oder eines Volta-Inductionsapparates *) herstellen kann; so gewahrt man zumeist *eine Schwächung des Nervenstromes.* Diese Erfahrung nun ist besonders beachtenswerth; denn man sollte unter diesen Umständen gar keine Wirkung oder höchstens eine Zunahme erwarten, indem man überlegt, dass die fortwährend erregten electrotonischen Zustände, als einander entgegengesetzt, oder mit überwiegender

*) Wie z. B. der S. 40 beschriebene.

positiver Phase sich aufheben oder eine Zunahme des abgeleiteten Nervenstromes müssten erscheinen lassen. Dieses unerwartete Resultat führt daher zu der Annahme, dass die Erregung des electrotonischen Zustandes durch irgend welche Stromesrichtung noch begleitet sein müsse von einem *besonderen* Vorgang im Nerven, welcher in einer *negativen Schwankung* des Nervenstromes bestehe und nur desshalb so schwer zur Anschauung zu bringen sei, weil er überall von dem sich einmischenden Electrotonus *verdeckt* werde. Man wird vollends in dieser Annahme sicher, wenn man erfährt, dass an sehr empfindlichen Multiplicatoren bei chemischer, mechanischer und thermischer Reizung des Nerven gleichfalls die genannte Wahrnehmung gemacht wird. Beobachtungen der letzteren Art sind für uns in doppelter Beziehung wichtig. Einmal nämlich zeigen sie uns, dass unter all den Umständen, unter welchen wir von Nerven versorgte Organe, wie Muskeln, Drüsen u. s. w. in Thätigkeit verfallen sehen, auch die negative Schwankung des Nervenstromes auftritt, wodurch wir zu der Meinung hingeführt werden, dass derjenige Vorgang im Nerven, welcher die Organe zu ihrer Thätigkeit anregt, unzertrennlich mit der beschriebenen, electrischen Veränderung im Nerven einherschreite. Sodann aber wird jene Erfahrung noch insofern von Bedeutung, als durch sie die Beweiskraft der vorher durchgemachten Ueberlegungen für die Existenz einer negativen Schwankung auch bei electrischer Reizung erhöht wird. Unter Umständen ist die Macht einer solchen Ueberzeugung nicht werthlos, da es sich ereignen kann, und es hat sich wirklich ereignet *), dass bei der Behandlung des Nerven mit inducirten Wechselströmen nicht eine *negative,* sondern eine *positive* Zunahme des ursprünglichen Nervenstromes beobachtet wird. Der Grund eines etwaigen Verhaltens der Art ist leicht einzusehen; er liegt darin, dass in solchen Fällen die Wechselströme der benutzten Volta-Inductionsvorrichtungen nicht von gleicher physiologischer Bedeutung sind, indem (siehe oben S. 38) die der Schliessung der primären Kette entsprechenden Ströme sämmtlich von grösserer Dauer sind, als diejenigen, welche der Oeffnung zukommen und in Folge davon die den ersteren zugehörige Phase des electrotonischen Zustandes das Uebergewicht erhält, welches bei einer bestimmten Lage des Nerven als positiver Zuwachs seines ursprünglichen Stromes auftreten kann. Dass diese Ueberlegung richtig ist, ergiebt sich aus dem Umstand, dass, je mehr man die Wechselströme der Volta'schen Inductionsvorrichtungen von gleicher physiologischer Wirkung herzustellen sucht, desto seltener solche Erscheinungen werden und einer deutlichen negativen Schwankung während des Tetanus Platz

---

*) Moleschott's Untersuchungen, Bd. VIII, S. 1.

machen. In dieser Beziehung ist der oben S. 42 beschriebene Zusatz zu dem von uns als Repräsentant gewählten Inductionsapparat von besonderem Werth.

Die negative Schwankung des Nervenstromes zeigt sich gleich dem Electrotonus von mancherlei Umständen abhängig; sie nimmt zu mit der *Leistungsfähigkeit* des Nerven, der *Stromdichte*, der *Länge* der erregten Strecke und der *Neigung der Electroden* gegen die Längsaxe des Nerven. Durch Durchschneiden wird ihre Fortpflanzung gehemmt.

Vergleicht man die electrischen Eigenschaften des Muskels und des Nerven mit einander, so findet man, dass beide im ruhenden Zustand nach einem und demselben Gesetz wirken, dass auch, während sich beide im Tetanus befinden, die von ihnen abgeleiteten Ströme eine negative Schwankung erleiden. Für den Muskelstrom ist überdies erwiesen, dass diese Abnahme seiner electromotorischen Kräfte im Tetanus *unterbrochener Art* ist. Man darf dies wegen der Identität des Gesetzes, nach welchem Muskel und Nerv ihre ruhenden Ströme entwickeln, mit grosser Wahrscheinlichkeit auch für den Nerven voraussetzen. Darin aber gehen Muskel und Nerv auseinander, dass der letztere electrotonischen Zustand zeigt, welcher jenem allem Anschein nach *gar nicht* oder doch nur in äusserst geringem Grade zukommt.

Ausser den Veränderungen der *electrischen* Eigenschaften des tetanisirten Nerven sind nur noch mit einiger Sicherheit solche seiner chemischen Reaction bekannt. Dieselben wurden bereits S. 48 angeführt. In neuerer Zeit *) ist auch behauptet worden, offenbar in Bezug auf das analoge Verhalten des tetanisirten Muskels, dass im gereizten Nerven sich die Temperatur erhöhe. Bis jetzt aber ist über die Methode, welche bei der Auffindung dieser Thatsache angewandt worden ist, Nichts publicirt worden, und man ist daher vorerst ausser Stande, sich ein Urtheil über diese Angabe zu bilden.

*) Ann. univers. CXC, p. 465.

Dritter Abschnitt.

Nervenphysiologie.

Wir sehen die Nerven von gewissen, nervösen Theilen ihren Ursprung nehmen und dann in verschiedene Organe: zu den Muskeln, Drüsen, Sinnesorganen u. s. w. dringen. Es wird daher, da man voraussetzen darf, dass die Nerven für die Gewebe, zu welchen sie dringen, eine gewisse Bedeutung haben, die erste Aufgabe der Nervenphysiologie sein, dass sie die Erscheinungen des Organismus im Allgemeinen kennen lehre, welche sich als abhängig von dem Nervensystem erweisen. Nach dieser mehr vorbereitenden Auseinandersetzung muss sie dann aber vor allen Dingen diese Vorgänge, insofern sie den Nerven betreffen, weiter zu zergliedern suchen. Bei diesem Versuche wird sie sich bewusst bleiben müssen, dass hier ihre Aufgabe in eine doppelte zerfällt: darzulegen, welche Vorgänge sich in den Nerven als solchen, während die ihnen zugehörigen Organe sich in ihren Thätigkeiten befinden, vollziehen; sodann die Kräfte und das Eigenthümliche ihrer Wirkungsweise aufzufassen, welche an die *Ursprungsstätten* der Nerven, die sogenannten *Centralorgane*, geknüpft erscheinen. Hierzu kommt dann noch die mehr practischen Bedürfnissen entsprungene Aufgabe, einzelne Nerven insofern zu betrachten, als sie gewisse Regionen des Körpers innerviren. Der Darstellung können zwar an dem einen oder anderen Orte gewisse Unbequemlichkeiten erwachsen, wenn sie diese Punkte immer scharf aus einander halten will; doch werden sie hoffentlich von den Vortheilen überwogen werden, welche eine jede, leicht übersichtliche Anordnung des Stoffes bietet. Wir nehmen daher folgenden Gang:

I. Darstellung der Erscheinungen des Thierkörpers, welche ganz oder zum Theil von dem Nervensystem abhängen.
II. Untersuchung der dabei in dem Nerven stattfindenden Vorgänge.
III. Physiologie der Centralorgane und ihrer Nerven im Einzelnen.

§. 10.

Die von dem Nervensystem abhängigen Erscheinungen des thierischen Körpers im Allgemeinen.

Die von dem Nervensystem abhängigen Erscheinungen sind sehr verschiedener und mannigfacher Art. Leider sind sie zur Zeit nicht sämmtlich mit den Mitteln angreifbar, deren sich die gesunde Naturforschung bedient, oder wenn dieselben anwendbar sind, haben sie nicht überall eine gleiche Tragweite, sie erschliessen oft nur Facta untergeordneten Ranges und versagen bald ihren weiteren Dienst. Erscheinungen des Nervenlebens von dieser Art sollen daher in diesem Buch, das ein Lehrbuch der Experimentalphysiologie des Nervensystems sein will, zurückgedrängt werden, gegenüber denjenigen, die sich wirklich dem Experiment fügen. Zu der ersteren Art zählen die rein *psychischen* Erscheinungen und zum Theil auch diejenigen, welche als *Empfindungen* und *willkürliche Bewegungen* bekannt sind, indem von letzteren die dem Gehirn dabei zukommenden Thätigkeiten so gut wie vollkommen verborgen sind. Doch lassen sich von den beiden zuletzt genannten Functionen des Nervensystems gewisse Züge auf dem Wege des Experimentes ausmitteln und ihre Betrachtung wird also einen Theil des Inhaltes der folgenden Abschnitte ausmachen. Hieran schliessen sich andere Gruppen von Bewegungen, die gleichfalls von den Centralorganen ausgehen, nur mit dem Unterschied, dass ihre Entstehung nicht mit Bewusstsein geschieht, sondern zu Folge eines daselbst localisirten, meist gleichfalls unbekannten Mechanismus ausgeführt wird. Und endlich finden wir noch vielfach die *Vorgänge der Secretion* und *Ernährung* unter die Herrschaft des Nervensystems gestellt. Der Antheil, welcher bei all diesen Vorgängen den Centralorganen zukommt, ist bis jetzt nur sehr unvollkommen zu bestimmen, wie sich später aus einer besonderen Betrachtung der Physiologie dieser Theile ergeben wird, wohl aber lassen sich die Thätigkeiten der Organe, zu welchen die Nerven dringen, in ihren Beziehungen zu diesen selbst vielfach durch das Experiment feststellen. Mit Rücksicht auf diesen Punkt wollen wir hier noch etwas bei den *Bewegungen*, *Secretionen* und *Ernährungen* verweilen und zwar hauptsächlich um des Zweckes willen, dabei gewisse Fragen mehr allgemeineren Inhalts zu absolviren.

Was zunächst die *Bewegungen* des thierischen Körpers anlangt, so versteht es sich von selbst, dass sich darunter eine grosse Menge findet, die mit dem Nervensysteme nachweislich Nichts zu schaffen hat, wie z. B. die Flimmerbewegung; andere hängen so augenscheinlich von seinen Einflüssen ab, dass darüber kein Zweifel obwalten kann, wie z. B. die Contraction willkürlicher Muskeln; für noch andere endlich kann es zweifelhaft sein, wie sie aufzufassen sind, wie etwa gewisse Bewegungen des Darmes und Herzens. Hier, wo wir uns mit Nervenphysiologie beschäftigen, fällt die erste Art von Bewegungen für uns fort. Von den beiden anderen betrachten wir zunächst die der quergestreiften Skeletmuskeln und solcher glatter Muskelfasern, von denen wir wissen, dass sie dem Einflusse des Nervensystems gehorchen. Bei ihrem Studium aber haben sich im Laufe der Zeit zwei Fragen aufgeworfen, die wir hier näher behandeln müssen. Die erste ist die: Ob bei ihnen auf Reizung ihrer Nerven die Muskeln unter allen Umständen, wie es allerdings in der Mehrzahl der Fälle stattfindet, in den verkürzten Zustand übergehen, oder ob es nicht auch Fälle giebt, bei denen Verlängerung unter denselben Umständen eintreten kann. Diese Frage ist durch folgende Erfahrungen veranlasst worden Bei gewissen Nervenerregungen sieht man muskulöse Gebilde wirklich in einen Zustand der Erschlaffung übergehen, so bei der Erregung des N. vagus das Herz in Diastole stillstehen, unter gewissen Umständen bei Reizungen des N. splachnicus die bewegten Gedärme sich zur Ruhe begeben, ohne dass eine ihrer Muskelgruppen sich in dauernder Zusammenziehung befindet. Bei anderen Nervenerregungen sieht man *Erscheinungen* auftreten, welche sich auf eine sehr einfache Weise durch die Annahme erklären lassen, dass gewisse Muskelgruppen in Erschlaffung gerathen seien. Hierher gehören: die grössere Menge von Blut, welche unter dem Einfluss von Nerven das männliche Glied während seiner Erection durchfliesst, oder die Unterkieferdrüse während ihrer Absonderung bei Reizung der Chorda tympani durchsetzt, das Anschwellen der venösen Gefässe des Kopfes, welches nach Durchschneiden des Halstheils des Grenzstranges beobachtet wird. Alle diese und ähnliche Erfahrungen sind aber bis jetzt nicht so weit mit Sicherheit zu zergliedern, dass sie den in Rede stehenden Einfluss der Nerven auf die Muskeln beweisen. Was im Speciellen die Versuche bezüglich des Herzens und der Gedärme betrifft, so liegen in der Substanz dieser Theile noch nervöse Apparate, deren Mitwirkung bei den beschriebenen Versuchen bereits höchst wahrscheinlich gemacht ist, so dass hier von einer directen Wirkung der gereizten Nerven auf die Muskelfasern mit Bestimmtheit gar keine Rede sein kann. Die zweite Reihe aber der angeführten Versuche umfassen so wenig Einzel-

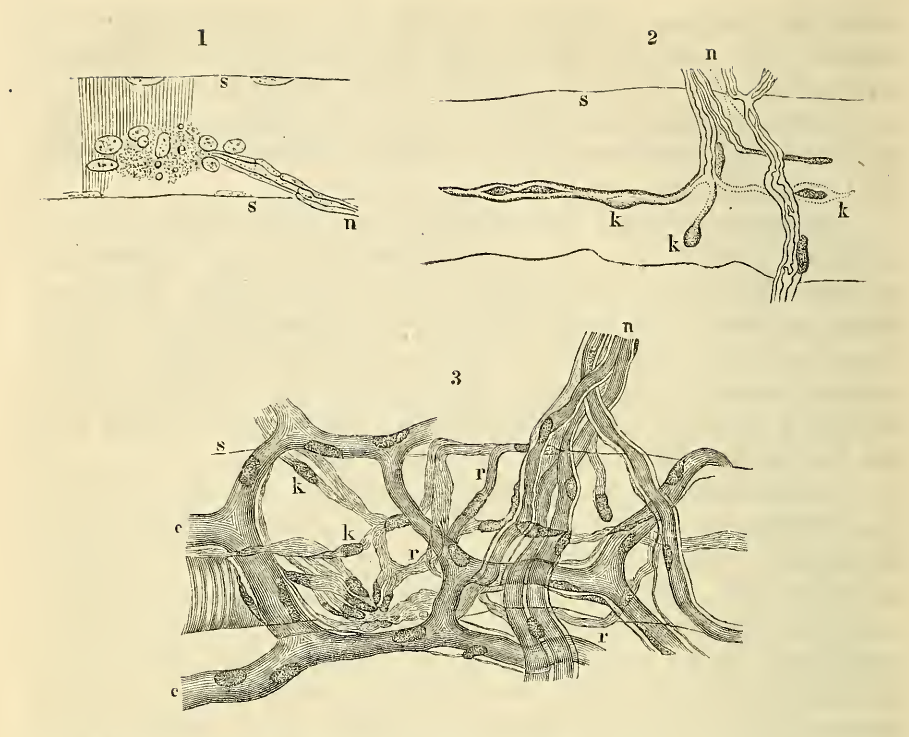
heiten der Vorgänge, dass man über die Art ihres Zustandekommens sich zur Zeit noch eine ganze Reihe gleichberechtigter Vorstellungen machen kann. So wäre es z. B. möglich, dass jene Gefässerweiterungen auf contractile Elemente zurückführbar wären, die zufolge einer bestimmten räumlichen Anordnung bei ihrer Zusammenziehung den beobachteten Erfolg haben können.

Die zweite bei dieser Gelegenheit zur Sprache gekommene und weit wichtigere Frage ist die, ob die unter dem Einfluss des Nervensystems stehenden Muskelmassen auch an und für sich, ohne jegliche Mitwirkung jenes, eine Contractilität besitzen. Diese Frage ist namentlich seit Haller, einem im vorigen Jahrhundert lebenden Physiologen, vielfach ventilirt worden, wesshalb man sie auch, da dieser sich *für* das Bestehen einer besonderen Reizbarkeit der Muskelsubstanz erklärte, als die Frage nach der Existenz der Haller'schen Irritabilität bezeichnet.

Vergegenwärtigen wir uns zunächst den Standpunkt, bis zu welchem die Anatomie unsere Vorstellungen über die gegenseitige, räumliche Beziehung, in welcher die Nerven- und Muskelsubstanz in einem Muskel zu denken sind, fixirt hat. Die Angelegenheit ist noch nicht endgiltig entschieden: lautet hier, wie an so vielen anderen Orten der Nervenphysiologie, die Antwort. Zur Zeit, wo der Verf. diese Zeilen niederschreibt, sind seit den letzten 6—8 Jahren, in denen die mikroscopische Anatomie sich wieder mit besonderem Fleisse dem in Rede stehenden Gegenstand zugewandt hat, nicht weniger denn circa 40 Abhandlungen darüber erschienen, ohne dieser Sache einen Abschluss gegeben zu haben. In folgender Weise gehen die Ansichten auseinander. Einige, unter ihnen besonders Kühne, lassen das Neurilem der Nervenfaser in das Sarcolemma der Muskelfaser, den Inhalt jener in den dieser übergehen und zwar in der Form, dass im Inneren des Muskelrohrs sich kernartige Gebilde vorfänden, mit welchen der als Axencylinder bezeichnete Theil des Nervenprimitivrohrs in unmittelbarem Zusammenhange stehe. Im Einzelnen haben Kühne's Vorstellungen kleine Veränderungen erfahren, die jedoch an Ort und Stelle für uns wenig wichtig sind. Zuerst *) stellte er sich die Nervenendigungen etwa so vor, wie es die zweite der drei auf S. 72 stehenden Figuren andeutet. Der Nerv n tritt auf das Muskelprimitivbündel s; am Sarcolemma hören Neurilem und Markscheide auf, der Axencylinder tritt in das Muskelbündel und setzt sich in kernartige Gebilde, die Nervenendknospen k k fort. Später **) liess er

*) Kühne: Ueber die peripherischen Endorgane des motorischen Nerven. Leipzig 1860.

**) Kühne: Ueber die Endigung der Nerven in den Muskeln. Virchow's Archiv Bd. XXVII und: Zur Lehre von den Endplatten der Nervenhügel; daselbst Bd. XXXIV, S. 412.



den Axencylinder unterhalb des Sarcolemma sich in eine Art Hügel oder Platte — *Nervenhügel* — verbreitern, der aus fein granulirter Masse und darin enthaltenen Kernen bestehen soll, etwa so, wie es die erste Figur in einer Flächenansicht darstellt. Andere geben ein Eindringen der Nervenfasern in das Innere des Muskelcylinders nicht zu, behaupten aber nach ihren Untersuchungen ein verschiedenes Verhalten der Nerven ausserhalb. Der englische Histologe Beale *) nimmt gar keine freien Enden der Nerven in den Muskeln an; nach ihm bilden die Nerven geschlossene Kreise, die durch Centralorgane und Gewebe hindurchziehen und an beiden Orten sich mit Ganglienzellen belegen, von denen nur diejenigen, welche den Nerven während ihres Durchgangs durch die Gewebe zukommen, meist kleiner sind und gewöhnlich mit dem Namen der *Kerne* der pheripherischen Nervenfasern belegt werden. Die dritte der obenstehenden Zeichnungen zeigt nach ihm ein Muskelprimitivbündel 700 mal vergrössert; n sind die auftretenden Nervenfasern, r ihre feineren, blassen Verzweigungen, k ihre Kerne, c ist ein

---

*) In mehreren Abhandlungen, z. B. in: an anatomical controversy, in seinen: Archives of medicine, vol. IV, p. 163.

Capillargefäss. Krause *) dagegen lässt die Nerven auf dem Sarcolemma in einer aus Bindegewebe und Körnern bestehenden Platte, seiner sogenannten *motorischen Endplatte*, ihr Ende erreichen. Ebenso ist in neuerer Zeit bei niederen Theilen ein Verhalten der Nerven zum Muskelprimitivbündel bekannt geworden, welches sich hier anreiht. Es hat nämlich Greeff**) bei den Tardigraden beobachtet, wie eine Nervenfaser bei ihrem Auftritt auf eine Muskelfaser sich in einem schon von Doyère gekannten Hügel verbreitert, der dann an der Stelle seiner Auflagerung sich, die Muskelfaser umfassend, verbreitert und von hier aus noch weitere körnige Fortsätze schickt, die auf der Oberfläche der Muskelfaser hinlaufen und zum Theil von Neuem anschwellen. Freilich ist hier die Anwesenheit eines Sarcolemma's nicht *bewiesen*, auf welchem jene Ausbreitung des Nerven geschehe. Mit Beziehung auf diese Ergebnisse der anatomischen Untersuchung wird man wohl die Frage nach dem Bestehen einer besonderen Muskelirritabilität zur Zeit noch für verfrüht halten müssen; da man eigentlich noch nicht weiss, ob sie überhaupt in der bisher üblichen Form aufgeworfen werden *kann*, ob sie also *berechtigt* ist oder nicht. Denkbar wäre ja, dass die sich contrahirende Substanz ein inniges Gemisch sei von dem, was wir Muskelfaser nennen und dem, was nach Kühne's Vorstellung mit dem eingedrungenen Nerven im Zusammenhange ist, so dass also gar keine vom Nerven anatomisch unabhängige, sich contrahirende Substanz existire. Wir wollen aber jetzt hiervon absehen und uns mit der Art und Weise befassen, in welcher die Physiologie diese Frage in Angriff genommen hat. Wir stellen zuerst diejenigen Untersuchungen und Reflexionen zusammen, durch welche die Irritabilitätslehre vertheidigt wird, resp. bewiesen werden soll. Man zieht hierher zuerst eine Reihe von Thatsachen, deren Gesammtcharacter darin besteht, dass unter gewissen Umständen man von den Nerven aus keine Zuckungen mehr erregen kann, während die Reizung des Muskels selbst zu solchen führt. Derartigen Erfahrungen begegnet man, wenn man die Muskeln unmittelbar vor ihrem gänzlichen Absterben, oder auf bestimmten Stadien der Aethernarkose, oder durch gewisse chemische Reagentien oder nach der Vergiftung von Thieren mit Curara reizt. Auf die beiden letzteren Erscheinungen wollen wir etwas näher eingehen, da ihre Besprechung zur Kenntnissnahme mancher interessanter Facta führt. In einem der folgenden Paragraphen werden

*) In verschiedenen Abhandlungen von Henle's Zeitschrift; z. B. 3. Reihe, Bd. XXI.

**) Greeff: Ueber das Nervensystem der Bärthierchen, in Schultze's Archiv für mikroscopische Anatomie. I. Bd., S. 101.

wir ausführlich das Verhalten der Muskelnerven gegenüber den chemischen Reizen besprechen, namentlich in der Art, dass wir daselbst angeben, welche einzelnen, chemischen Körper bei der Application auf den Nerven Zuckungen im Muskel auslösen und welche nicht. Der Leser kann an dieser Stelle im Voraus davon Kenntniss nehmen. Wenn man nun in ähnlicher Weise diejenigen Reizmittel zusammenstellt, welche auf den frisch angelegten Querschnitt eines langen Muskels applicirt, diesen zu Zuckungen veranlassen, so führt eine Vergleichung beider Reihen von Reizmitteln zu folgenden Erfahrungen *):

1. Es giebt chemische Reizmittel, welche für Nerv und Muskel ungefähr gleicher Concentration bedürfen, um Zuckungen zu erregen. Hierher gehören die Lösungen der fixen Alkalien.

2. Dagegen finden wir andere, welche bei ihrer Anwendung auf die Muskelsubstanz schon bei viel geringeren Concentrationsgraden wirksam sind, als bei solcher auf den Nerven. Dahin zählen die Lösungen der meisten anorganischen Säuren und vieler Metallsalze.

3. Weiter giebt es Reizmittel, welche nur für Nerv oder nur für Muskel sich wirksam erweisen. So erregt z. B. die Lösung des kaustischen Ammoniaks, auf den Nerven angewandt, keine Zuckung, wohl aber, wenn sie den Muskel trifft. Concentrirte Milchsäure ist in beiden Arten der Anwendung erfolglos. Wendet man sie in mittlerer Verdünnung an, so wird sie Reizmittel sowohl für Nerv als für Muskel, und wird sie schliesslich im ganz verdünnten Zustand benutzt, so ist sie nur noch Reizmittel für die Muskelsubstanz.

Aus den unter 2 und 3 mitgetheilten Thatsachen schliesst man, dass die Muskelsubstanz an und für sich irritabel sei; denn, sagt man, wäre sie es nur unter Beihilfe der Nerven, so könnte ein und dieselbe Lösung keinen so verschiedenen Effect bei beiden Arten der Anwendung haben. Beweisend ist diese Art der Ueberlegung nicht. Abgesehen von der schon S. 73 gemachten Bemerkung über die Unvollkommenheit unserer Vorstellung über die Zusammensetzung der sich contrahirenden Substanz, wäre schon denkbar, dass der Nerv an verschiedenen Stellen seines Verlaufes, des in- und extramuskulären, einen verschiedenen Grad der Reizbarkeit besässe. Man findet in einer solchen Annahme nichts Absurdes, da nachgewiesen, dass sogar die extramuskuläre Strecke nicht auf allen Punkten die gleiche Reizbarkeit besitzt und vollends innerhalb des Centralorganes gegenüber ihrem peripherischen Verlauf mancherlei Besonderheiten bietet.

---

*) Kühne. Ueber die chemische Reizung der Muskeln und Nerven und ihre Bedeutung für die Irritabilitätsfrage. Verhandl. der sächs. Gesellschaft. 1860.

Die aus den Erscheinungen der Curaravergiftung entnommenen Beweise für das Bestehen der Haller'schen Irritabilität sind in folgenden Betrachtungen enthalten. Diese haben ihren Ausgangspunkt von dem durch Bernard*) entdeckten Factum genommen, dass kurz nach dem ohne Krampferscheinungen erfolgenden Tode eines mit Curara vergifteten Thieres alle peripherischen Muskelnerven sich gegen jede Art von Reizung reactionslos verhalten, während, wenn dieselben auf die Muskeln selbst einwirken, sie hier Zuckungen auslösen. In dieser einfachen Form ausgesprochen ist diese Thatsache von allen späteren Forschern**), welche sich mit demselben Gegenstand befasst haben, bestätigt worden. Bernard behauptet sogar, dass die Zuckungen solcher Muskeln kräftiger seien, als die von nichtvergifteten Thieren. Durch weitere Untersuchungen von Rosenthal, Kölliker und Pelikan ist diese Behauptung jedoch nicht bestätigt worden, sondern es haben sich im Gegentheil bisweilen Zeichen davon gefunden, dass solche Muskeln weniger reizbar seien. Im Interesse der Irritabilitätsfrage ist vorerst jedoch kein besonderer Werth auf die endgiltige Entscheidung dieses von Bernard angeregten Zusatzes zu legen, da jetzt noch nicht abzusehen ist, wie über die wahre Ursache einer etwaigen geringeren Reizbarkeit zu entscheiden wäre; ob nämlich dieselbe nur einfache Folge des Wegfalls der Reizung der in der Muskelsubstanz sich verbreitenden Nerven in Folge ihrer Lähmung durch das Curara ist, oder ob letzteres auch auf die Muskelsubstanz selbst lähmend gewirkt habe. Aus den mitgetheilten Erfahrungen ist man nun gleichfalls geneigt, auf das Bestehen einer selbstständigen Irritabilität des Muskels zu schliessen. Aber auch diesem Schluss stehen nicht zu übersehende Bedenklichkeiten entgegen. Von ihnen ist die folgende die bedeutsamste. Es ist nämlich eine Erfahrung, dass die Nervenstämme an Curaravergiftung gestorbener Thiere noch alle diejenigen electrischen Eigenschaften beibehalten, von denen wir in hohem Grade Grund haben, zu glauben, dass sie mit dem Innervationsvorgange in der engsten Verknüpfung stehen. Es sind dies die Erscheinungen, die uns bereits als *Strom des ruhenden Nerven, negative Schwankung des Nervenstromes* und *Electrotonus* bekannt sind. Den Nachweis für diese Behauptung hat besonders Funke***) geführt, wobei ich mir die Bemerkung erlaube,

---

*) Bernard, Leçons de physiologie. Paris 1855. 18me et 19me Leç.

**) Kölliker, in den Würzburger Verhandlungen, 12. u. 27. Febr. 1858; Pelikan, in Virchow's Archiv, XI; v. Wittich: exper. quaed. de Halleri doctrina etc., Regiem. 1857; Rosenthal, in Moleschott's Untersuchungen, Bd. III; Heidenhain, im Archiv für physiologische Heilkunde, 1857.

***) Beiträge zur Kenntniss der Wirkung des Urari und einiger anderer Gifte. Berichte der math.-phys. Classe der sächs. Gesellsch. der Wissenschaften in Leipzig, 1859, 2.

dass ich alle wesentlichen Angaben dieses Forschers bestätigen kann. Einen Theil dieser Thatsachen kannte ich schon vor Funke's Publication, habe jedoch davon niemals mehr als privaten Gebrauch gemacht. Man kann nun zwar diesen Einwand weniger bedeutsam erscheinen lassen, indem man darauf aufmerksam macht, dass die Wirkung des Curara sich höchst wahrscheinlich nur auf die intramuskuläre Strecke der Nerven beziehe. In der That, es liegen Erscheinungen vor, welche diese Vermuthung zulassen. Dahin zählen die Erfahrungen über das *Zuckungsgesetz* *), welches die electrische Reizung der mit Curara vergifteten Muskeln beherrscht und ferner über die *Veränderungen in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit* **) des Innervationsvorganges, welche unter denselben Umständen beobachtet wird. In §. 12 werden wir sehen, wie die Muskelzuckung bei electrischer Reizung ihrer Nerven in ihrer Stärke unter anderen durch die *Richtung* des Stromes bedingt ist und dass das in dieser Beziehung im Allgemeinen geltende Gesetz unter dem Namen des Ritter-Nobili'schen Zuckungsgesetzes geht. Wird nun ein Muskel eines mit Curara vergifteten Frosches der electrischen Reizung ausgesetzt, so zeigt sich, dass er diesem Gesetze nicht unterthan ist. Diese Erfahrung wird um so bedeutungsvoller, als auch ein gesunder Muskel bei derselben Art der Reizung sich jener Regel entzogen zeigt, sobald die intramuskulären Nervenzweige nicht mitgereizt werden. Wir werden später ein Verfahren kennen lernen, durch welches es möglich wird, die letzteren von der Reizung auszuschliessen. In beiden Fällen ist nämlich die *Schliessungszuckung* die stärkere und zwar ganz *unabhängig* von der Richtung, in welcher der galvanische Strom den Muskel durchzieht, und in dem Maasse, als man das Experiment so einrichtet, dass auch die intramuskulären Nervenzweige Erregungen erfahren, gewinnt die Stromesrichtung Einfluss auf die Stärke der Zuckung. Was die *Veränderungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit* des Innervationsvorganges in den motorischen Nerven von mit Curara vergifteten Thieren anlangt, so ist durch v. Bezold's Untersuchungen darüber Folgendes bekannt geworden. Schon verhältnissmässig kurze Zeit nach der ersten Einwirkung des Giftes tritt eine Verzögerung jenes Vorganges ein, und zwar besonders fühlbar auf den intramuskularen Nervenstrecken. Mit fortschreitender Vergiftung nimmt jene immer mehr und mehr zu und ist zu derselben Zeit mit einer Abnahme der Erregbarkeit verbunden. Die Nervenstämme leiden dabei sehr wenig, so dass erst unter dem Einfluss

---

*) Heidenhain, Archiv für physiologische Heilkunde. 1857.

**) v. Bezold, Monatsberichte der Berliner Academie, 14. Nov. 1859.

sehr starker Gaben die beschriebene Wirkung auch an ihnen merklich wird. Die Verminderung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit kann bis auf ein Fünftel der normalen Grösse sinken. Endlich ist noch der Umstand zu erwähnen, dass bei directer Erregung des Muskels der zeitliche Verlauf des Zuckungsvorganges durch die Einwirkung des Pfeilgiftes nicht verändert wird, wohl aber erleidet derselbe eine Verzögerung bis um das Doppelte, wenn die Reizung den Nerven selbst trifft. Giebt man nun auch diesen Erfahrungen und Erwägungen williges Gehör, so kann man doch mit ihrer Hilfe nicht die Thatsachen gänzlich unwirksam machen, welche die vollkommene electrische Leistungsfähigkeit der Nervenstämme bei Curaravergiftung betreffen und auf diese Weise die Irritabilitätsfrage endgiltig erledigen wollen. Mag es immerhin sein, dass der mit Curara vergiftete Muskel bei Reizung seiner Substanz gerade so wie der auf andere Weise dem Nerveneinfluss entzogene Muskel unter denselben Bedingungen nicht dem allgemeinen Zuckungsgesetze folgt; so kann doch aus diesen Erfahrungen die andere Möglichkeit nicht zurückgewiesen werden, dass der Nerv seine Erregungszustände erst durch eine Kette von Zwischengliedern auf die eigentliche, contractile Substanz übertrage und dass in beiden Fällen die Thätigkeit des einen oder anderen in Wegfall komme, bei welcher Annahme es freilich der Willkür überlassen bleibt, wie man die Glieder jenseits der oder des zerstörten bis zur eigentlichen, contrahirbaren Substanz nennen will. Mag auch immerhin die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Innervationsvorganges auf der intramuskulären Strecke verlangsamt werden; es lässt sich nicht beweisen, dass dies in einer *continuirlichen* Fortsetzung der eintretenden Nervenfaser stattfindet; es kann der Grund davon ebenso in einer Herabsetzung der Beweglichkeit einer Reihe von Zwischengliedern gesucht werden.

Diesen Erfahrungen liesse sich noch eine dritte Reihe zufügen. Wir meinen die am embryonalen Herzen gewonnenen. Diesen zufolge weiss man, dass an demselben Contractionen vorkommen, zu einer Zeit, wo man weder Nerven in demselben beobachtet, noch von ausserhalb desselben entspringenden und zu ihm gehenden Nerven auf dasselbe gewirkt werden kann. Allein, abgesehen davon, dass zu dieser Zeit noch keine quergestreiften Elemente zu beobachten sind und also dieses Gebilde eigentlich nicht hierher gehört, wenigstens nicht auf diesem Stadium seiner Entwickelung; so nimmt das Herz unter den quergestreiften Muskeln eine so exceptionelle Stellung ein, dass aus seinem Verhalten nicht so unmittelbar auf das der letzteren geschlossen werden kann.

Ebenso schwach sind auf der anderen Seite die Gründe *gegen* die Haller'sche Irritabilitätslehre. Auf dem Gebiete strenger Beweise bedeutet es in der That wenig, wenn man erstens hier darauf hinweist,

dass bei gewissen Missbildungen, denen eine Anzahl von Gruppen willkürlicher Muskeln fehlte, auch die entsprechenden Nervenbahnen und das ihnen zugehörige Stück des Rückenmarkes defect oder gar nicht vorhanden sind*) Ein solches Vorkommen kann man ebenso gut lediglich auf den trivialen Umstand beziehen, dass sich die Centralorgane in ihrer Einwirkung auf die Muskeln der peripherischen Nerven bedienen, was nicht ausschliesst, dass die Muskeln eine besondere Reizbarkeit besitzen, obschon in den beschriebenen Fällen es sehr auffallend ist, dass die Bildung der Muskelfaser gleichsam abhängig von der der Nervenfaser erscheint. Nicht minder unzulänglich ist zweitens die folgende Betrachtung, die von mir herrührt. Nachdem ich, wie in §. 12 auseinandergesetzt werden wird, gefunden hatte, dass man die Einwirkung gewisser Reize auf den Nerven dadurch unwirksam machen kann, dass man während ihrer Application auf den Nerven einen constanten galvanischen Strom durch den Nerven leitet und zwar in einer Richtung, die durch die Stelle des Reizes gegenüber der vom Strom durchflossenen Strecke bestimmt wird, also beispielsweise am besten aufsteigend**), wenn der Reiz unterhalb der durchströmten Strecke angebracht wird, dachte ich mit Hilfe dieser Erfahrung den Beweis gegen die Irritabilität in folgender Weise zu führen. Wenn, so meinte ich, man durch den Nerven dicht vor seinem Eintritt in den Muskel einen constanten aufsteigenden Strom schickt, so setzt dies die Erregbarkeit der intramuskulären Nervenzweige herab und wenn man jenen hinlänglich stark nimmt, kann bei gewissen, schwachen Reizen, welche man auf den Muskel wirken lässt, gar keine Zuckung mehr zu Stande kommen, wenn die Muskelsubstanz an und für sich nicht irritabel ist, während bei Anwendung derselben Reize bei offener Kette die Zuckung auftritt, wobei nur daran zu denken ist, dass man kein Reizmittel anwende, welches möglicher Weise die Continuität der Nervenfaser unterbricht, also namentlich kein chemisches. Zwar ergiebt nun auch der Versuch, dass, wenn man als Reiz auf den Muskel die Schliessung und Oeffnung eines sehr schwachen electrischen Stromes benutzt, die erwartete Erscheinung eintritt, allein sie ist, wie man mir eingewandt hat, aus folgendem Grunde nicht beweisend. Ist die Muskelsubstanz wirklich an und für sich irritabel, so zuckt der Muskel *vor* dem Schluss des durch den Nerven geleiteten Stromes in Folge der gereizten intramuskulären Nervenzweige *und* der Muskelsubstanz

*) Die Zahl solcher Fälle ist bis jetzt noch nicht sehr gross; die bisherigen sind von Alessandrini und E. H. Weber beschrieben. S. des letzteren Aufsatz über diesen Gegenstand in: Müller's Archiv. 1851. S. 547.

**) d. h. in der Richtung nach dem Rückenmarksende zu.

selber, *nach* dem Schluss dagegen nur in Folge der alleinigen Reizung der letzteren. Darum also kann nach dem Schluss des durch den Nerven gehenden Stromes die Zuckung fehlen, ohne dass die Muskelsubstanz der Irritabilität ermangelt. Es liesse sich zwar noch das Gewicht dieses Einwandes durch die Bemerkung verringern, dass der als Reiz auf den Muskel angewandte, schwache electrische Strom nur zum geringsten Theile für die Reizung von Nerven, zum grössten Theile dagegen für die Reizung der eigentlichen Muskelsubstanz verwendet werde, weil der Querschnitt der Nervensubstanz fast verschwindend gegen den der Muskelsubstanz ausfalle, auch seien die Nerven wegen ihres sehr oft zur Längsaxe der Muskelfasern senkrecht gerichteten Verlaufs *) sehr ungünstig für die Entstehung der Zuckung situirt und es sei darum auffallend, dass, wenn der verschwindend kleine Antheil der Gesammtreizung (des der intramuskulären Nervenzweige) durch die deprimirende Wirkung des ausserhalb des Muskels durch den Nerven geleiteten Stromes in Wegfall komme, die Zuckung des Muskels fehle. Ich bin aber nicht geneigt, damit jenen Einwand als beseitigt anzusehen; auf experimentellem Gebiete hat eine Beweisführung erst von dem Momente an volles Gewicht, wo jegliches Bedenken durch die daselbst geltenden Methoden zurückgewiesen ist, was bis jetzt in Bezug auf den fraglichen Punkt nicht geschehen konnte. Wir halten also am Schlusse dieser Betrachtungen daran fest: *dass die Irritabilitätsfrage bis jetzt nicht endgiltig entschieden ist, ja dass sich sogar die Berechtigung ihrer Existenz, wenigstens zur Zeit noch, bestreiten lässt.*

Wir wenden uns jetzt zu einer näheren Betrachtung der Vorgänge der *Ernährung* und *Absonderung*, insofern diese den Nerveneinflüssen unterworfen sind. Was zunächst die *Ernährung* betrifft, so ist durch Experimente bewiesen, dass die Ernährung gewisser Theile einen anderen Gang nimmt, sobald die zu ihnen gehenden Nerven durchschnitten werden. Indess leidet die Experimentalphysiologie bezüglich dieses Punktes noch an einem doppelten Missstande. Einmal nämlich stimmen die von verschiedenen Seiten her über einen und denselben Gegenstand gemachten Angaben gar nicht oder doch nur sehr unvollkommen überein, sodann aber sind die wenigen vorhandenen, guten Beobachtungen nicht soweit in's Einzelne zu zergliedern, dass dabei die Wirkungen der Nerven als möglichst einfache und klare Erscheinungen der Vorstellung zugänglich wären. Das Material, welches hier anzuführen ist, mag etwa folgendes

---

*) Siehe in §. 12 Einfluss der Electrodenstellung auf die Grössen der Muskelzuckung.

sein. Nach Durchschneidung der Extremitätennerven bei Thieren werden die betreffenden Muskeln nach und nach atrophisch und die Knochen verdünnen sich. Nach der Trennung des N. trigeminus bei Thieren beobachtet man Verschwärung des Auges, Auflockerung des Zahnfleisches u. s. w. Die Veränderungen werden später eine ausführliche Beschreibung bei der Physiologie des genannten Nerven erfahren. Bei Menschen, welche von Anästhesie befallen waren, sah man Farbenveränderung der Haut, Abschilferung der Epidermis, Rissigwerden der Nägel, Geschwürsbildung u. s. w. Der Durchschneidung des Grenzstranges des Sympathicus folgen in gewissen Theilen Temperaturveränderungen, welche ohne Zweifel darauf hindeuten, dass in den betreffenden Geweben die chemischen Processe nach irgend einer Seite hin Veränderungen erfahren haben. Mehr als diese kargen Mittheilungen, die man etwa noch durch einige ähnliche, keineswegs aber im Einzelnen besser verstandene, vermehren könnte, vermag die Nervenphysiologie, wenn sie ehrlich sein will, nicht zu machen. Sie ist, da hier noch die allerersten Fundamentalarbeiten fehlen, vollkommen im Unklaren darüber, ob die gestörte Ernährung nur in einem veränderten Blutlauf, in Folge der Lähmung der zu den Gefässen gehenden Nerven, ihren Grund habe, oder ob die Substanz der Gewebe selbst unter einem solchen Einfluss der Nerven steht, dass sie nur bei einer ganz bestimmten Erregung derselben dem Blute die zu ihrer Ernährung nöthigen Bestandtheile zu entziehen vermag.

Nicht viel besser ist es um die Vorgänge der *Absonderung* bestellt, doch ist das *thatsächliche* Material durch eine Anzahl von experimentellen Arbeiten der letzten Jahre sicherer gestellt, und die einzelnen hierher gehörigen Erscheinungen gewähren, da sie sich in verhältnissmässig kurzer Zeit vollenden und darum der Anschauung zugänglicher sind, mehr Befriedigung. Obgleich später in der speciellen Nervenphysiologie, bei der Physiologie der einzelnen Nerven ausführlich von ihrem Einfluss auf die bezüglichen Secretionen die Rede sein wird, so mag doch hier eine Uebersicht der verschiedenen Thatsachen stehen. Reizt man die vom N. lingualis zur Submaxillardrüse abgehenden Nerven oder die vom N. auriculo-temporalis in die Ohrspeicheldrüse eindringenden Zweige, so erfolgt in beiden Fällen profuse Speichelsecretion in den entsprechenden Drüsen. In ähnlicher Weise geräth die Thränendrüse in Thätigkeit, wenn ein Reiz den N. lacrimalis trifft. Reizt man bei Kröten das centrale Nervensystem oder einzelne, cerebrospinale Nerven, so bedeckt sich die gesammte Oberfläche oder einzelne Abtheilungen derselben mit dem Secrete der zahlreichen in der Haut eingelagerten Drüsenbälge. Reizung der zur Prostata gehenden Sacralnerven giebt uns ein passendes Mittel an die Hand, succus prostaticus zu gewinnen. Durchschneidung des

Grenzstranges des Halssympathicus erzeugt beim Pferde an der betreffenden Kopfhälfte reichliche Schweissbildung. Besondere Aufregungen des Gehirns setzen den menschlichen Körper ebenfalls rasch in Schweiss, selbst die Erregung einzelner Nervenstämme bei neuralgischen Erkrankungen hat häufiges Schwitzen der von ihnen versorgten Hauttheile zur Folge. Mangelhaft fallen jedoch die Betrachtungen über die Vorstellungen aus, welche man sich über diese Art von Nervenwirkungen zu machen versucht hat. Für einen Theil derselben scheint die Sache allerdings einfach zu sein, indem dabei die Annahme genügt, dass die Nerven dabei keine andere Rolle spielen, als dass sie durch ihre Wirkung auf die muskulären Elemente der Drüse deren bereits fertig gebildetes Secret entleeren. Hierher gehören die Versuche über das Hautdrüsensecret der Kröten und die Ausstossung des Prostatasaftes. Wir geben der erwähnten Vorstellung den Vorzug und befriedigen uns mit ihr, da nicht allein die anatomische Untersuchung in den Elementen dieser Drüsen zahlreiche glatte Muskelfasern in beiden Fällen nachweist, sondern auch die Art der Entleerung der Drüse dieses Verhalten anzeigt. Bei den Hautdrüsen hört nach verhältnissmässig kurzer Dauer des Reizes schon die Ausscheidung des Secretes auf, obgleich der Tetanus, dessen die Muskulatur bei Erregung des centralen Nervensystems zu dieser Zeit noch fähig ist, das Vorhandensein einer hinlänglichen Erregbarkeit beweist. Aehnlich verhält es sich bei der Prostata *). Die Erregung der zu dieser Drüse gehenden Nerven entleert unter sichtbaren Zuckungen der in ihr vorhandenen Muskelfasern auf einmal eine beschränkte Menge Saft, welcher bei fortdauernder Reizung und Zusammenziehung der contractilen Elemente kein erheblicher Nachschub folgt. Dies tritt erst dann ein, wenn man der Drüse einige Zeit der Ruhe gelassen hat, nach welcher sich Alles wieder wie vorher gestaltet. Dagegen ist für die anderen in dieses Gebiet gehörigen Erscheinungen bis jetzt keine bestimmte, klare Vorstellung über den Einfluss zu erwerben, den die erregten Nerven ausüben. Zur Zeit kann man nicht mehr thun, als einige Möglichkeiten andeuten, von denen die eine, oder andere, oder einige zugleich etwa stattfinden mögen. So liesse sich zuerst daran denken, dass die Nerven zu den contractilen Elementen der Gefässwände gehen, dass unter ihrer Reizung sich die Lumina der Gefässe verändern und dadurch etwa passendere Bedingungen zum Durchtritt der wässerigen Blutbestandtheile eingeführt würden. Freilich müsste denn dabei noch Mancherlei unterstellt werden, worüber wir bis jetzt nicht unterrichtet sind, so z. B. dass die bezüglichen Gefässwände die aufgelösten eiweissartigen Blutbestandtheile nicht durchlassen

*) Buxmann, Beiträge zur Kenntniss des Prostatasaftes. Giessen 1864.

und dass die den fraglichen Secreten eigenthümlichen Körper, wie die Säuren des Schweisses, das Ptyalin und Schwefelcyankalium der Speichelarten durch den aus den Gefässen austretenden Wasserstrom aus dem Drüsengewebe mit fortgenommen würden, welche Annahme keine besonderen Schwierigkeiten hätte, da die genannten Körper nur in sehr kleinen Mengen in den respectiven Secreten vorkommen. Die Beobachtung Bernard's, dass bei Reizung der zur Submaxillardrüse gehenden Nerven, welche eine reichliche Speichelsecretion erzeugt, aus den Venen dieser Drüse eine grössere Menge Blut als sonst strömt, könnte hier als jener Meinung günstig angezogen werden; leider aber ist diese Beziehung zu allgemein und es kann aus der Beobachtung nichts Bestimmtes gefolgert werden. Andererseits könnte die Wirkung der Nerven in besonderen Einflüssen auf die anderen Bestandtheile der Drüse gesucht werden. Man könnte sich vorstellen, dass die Wandungen der Drüsenbläschen oder ihr Inhalt oder beide Elemente durch die erregten Nerven zu einer besonderen Thätigkeit angefacht würden. Obgleich aus mancherlei Gründen dies wahrscheinlich sein mag, so fehlen doch positive Beweise dafür. Ich habe geglaubt, durch directe Reizung der Drüsenelemente, die ich unter dem Mikroscop auf einem erwärmten Objecttisch beobachtete, Einiges zur Stütze dieser Ansicht beitragen zu können, bin aber bis jetzt zu keiner befriedigenden Beobachtung gelangt.

Es giebt übrigens eine ganze Anzahl von Secretionen, die entweder gar nicht unter dem Einfluss von Nerven stehen, oder von denen doch wenigstens zur Zeit die Experimentalphysiologie einen solchen noch nicht genügend nachgewiesen hat. Dahin gehören: die Secretion der Galle, des Magensaftes, der pancreatischen Flüssigkeit, der Milch u. s. w. Für einige derselben, wie den Magensaft und den Succus pancreaticus liegen Erfahrungen vor, welche auf einen Nerveneinfluss zwar hindeuten, wie z. B. die behauptete vermehrte Secretion derselben bei Reizungen der Schleimhaut und die Periodicität der Absonderung, aber nicht ausreichend sind, ihn zu beweisen. Für andere dagegen, wie z. B. die Milch, liegen nicht einmal solche, wenigstens nicht glaubwürdig verbürgte vor. Im Gegentheil weisen bestimmte Erfahrungen auf den gänzlichen Mangel eines Nerveneinflusses hin. Für die Brustdrüse habe ich selbst mich durch eine besondere Reihe von Beobachtungen davon überzeugt, dass für ihre Secretion von einem Einfluss der Nerven keine Rede sein kann *). Die sorgfältigste anatomische Präparation wies immer nur auf einen einzigen, in die Drüse dringenden Nerven hin, nämlich einen Zweig des Nervus spermaticus. Mit dem

*) Meine Beiträge, I, S. 15 u. 16.

Zweige der Arteria pudenda, welcher die Drüse mit Blut versieht, sah ich nie Nerven sich einsenken. Der erstere setzt nur auf eine sehr kurze Strecke durch die Drüse und, soweit die gewöhnliche Präparationsmethode denselben zu verfolgen vermag, begiebt er sich nur zu den Ductus galactophori. Wegen der Möglichkeit aber, dass er von diesen Punkten aus noch nach den Drüsenbläschen hinabsteigen könnte, stellte ich folgende Experimente an. Vorerst bestimmte ich bei einer bestimmten Nahrung die von einer Ziege in einer Reihe von Tagen aus einer Zitze gelieferte Milch. Hierauf schnitt ich aus dem Nerven ein Stück heraus, wartete einige Tage bis die unansehnliche Wunde zu verheilen begann und wiederholte dann die Bestimmung der Milchmengen, wie es vor der Nervendurchschneidung geschehen war. Die folgende Tabelle stellt die Ergebnisse zusammen:

Vor der Durchschneidung gelieferte Milchmenge in 4 auf einander folgenden Tagen	*Nach der Durchschneidung* gelieferte Milchmenge, 6 Tage nach Durchschneidung, in 4 auf einander folgenden Tagen
215 Grm.	185 Grm.
205	185
185	220
200	190
Summa 795	Summa 780

Abnorme Milchbestandtheile oder eine Veränderung der Mengen der hauptsächlichsten normalen Milchbestandtheile wurden nicht beobachtet.

Bei den durch Nerven beherrschten Absonderungen kann, wie vorher beim Muskel, gefragt werden, ob die Drüsenelemente nur bei Reizen, welche ihre Nerven treffen, absondern, oder ob sie auch in diese Thätigkeit verfallen, wenn ihre Substanz direct dem Reize unterliegt. Aber zur Anbahnung einer Antwort auf diese Frage sind kaum die ersten Schritte geschehen; denn die Art und Weise wie die Nerven mit den Drüsenelementen verknüpft sind, ist noch unvollkommener gekannt, als es bezüglich der Nerven und Muskeln der Fall ist. Unser Wissen beschränkt sich auf Folgendes. In der Submaxillardrüse hat Pflüger *) Büschel von Nervenfasern bis zu den Drüsenbläschen vordringen, deren Membrana propria durchbohren und an die jene auskleidenden Zellen treten sehen. Dort sollen sie in den Kernen derselben ihr letztes Ende finden. Ebenso hat man auch die Ausläufer multipolarer Ganglienzellen, welche in der Drüse vorkommen, direct sich in die Speichelzellen fort-

*) Die Endigungen der Nerven der Absonderungsorgane in den Speicheldrüsen. Bonn 1866.

setzen sehen. Es ist nicht uninteressant, bei dieser Gelegenheit auf eine vor mehreren Jahren von mir beobachtete histologische Thatsache hinzuweisen, die sich vielleicht bei weiterer Verfolgung dieses Gegenstandes an die eben mitgetheilte Beobachtung anschliesst. Ich habe nämlich gezeigt, wie in den blinden Anfängen der sogenannten Schleimkanäle der Zitterrochen sich Blasen befinden, welche mit einer zähen Masse, Protoplasma, und eingestreuten Kernen ausgefüllt sind, und wie weiter zu denselben sich Nervenbüschel begeben, deren Fasern bis zu dem mit Kernen erfüllten Inhalte der blasigen Organe dringen. Es wäre interessant zu wissen, ob bei Reizung der genannten Nerven eine vermehrte Schleimsecretion zu Stande kommt *).

Nachdem wir so allgemeine Kenntniss von den Erscheinungen genommen haben, welche dem Nervensystem angehören, wird unsere weitere Aufgabe eine doppelte sein, nämlich: die dabei in den Nerven vor sich gehenden Thätigkeiten näher zu analysiren und dann die Leistungen der einzelnen Nerventheile im Organismus specieller zu verfolgen.

§. 11.

Plan zur Untersuchung über das Wesen des Innervationsvorganges.

Innervationsvorgang oder *Nerventhätigkeit* nennen wir die Summe der in einem Nerven mit Ausschluss seines Centralorganes vor sich gehenden Bewegungen, deren Resultat eine bestimmte Arbeit ist, welche das Organ, zu welchem der Nerv dringt, je nach Maassgabe seiner besonderen Natur ausführt. Die Aufgabe ist, uns eine Vorstellung über die Natur dieser so verborgenen Bewegungen zu erwerben. Für diesen Zweck erscheint es methodisch, folgenden Weg einzuschlagen. Vorerst studiren wir sorgfältig alle diejenigen Bedingungen, unter denen der Innervationsvorgang wach gerufen wird. Abgesehen davon, dass wir dadurch erfahren, auf welche Weise wir uns jederzeit den Innervationsvorgang, wenn wir desselben zum Studium seiner Eigenthümlichkeiten bedürfen, bequem und sicher herzustellen haben, erwarten wir von dieser Beschäftigung einen Fingerzeig nach irgend einer Gruppe physischer Bewegungen hin, denen sich die Nerventhätigkeit anreiht. Sodann werden wir diese Ergebnisse mit den Erfahrungen zu vergleichen haben, welche uns in der Nervenphysik bereits entgegengetreten sind. Hier wie dort wirken wir in irgend welcher Weise auf den Nerven; es ist

*) Eckhard, Beiträge zur Anatomie und Physiologie, I. Bd., S. 85.

nur die Methode verschieden, den Erfolg dieser Einwirkungen zu beobachten. An gegenwärtiger Stelle legt ein mit dem Nerven verknüpftes Organ Zeugniss von den Zuständen des ersteren ab; früher machten wir die Erfolge jener Einwirkungen am Multiplicator sichtbar. Ein Vergleich zwischen beiden Arten der Beobachtung bei gleicher Einwirkung auf den Nerven verspricht besonderen Vortheil. Selbstverständlich kommt uns dabei auch Das zu Gute, was wir über die physische Constitution nicht gereizter Nerven kennen gelernt haben. Damit wird es gelingen, eine erste allgemeine Vorstellung über das Wesen des Innervationsvorganges zu entwerfen. Endlich wird es dann noch unsere Aufgabe sein müssen, zu untersuchen, ob gewisse Folgerungen, welche sich aus der erworbenen Anschauung ergeben, sich wirklich bestätigen.

Indem wir an den ersten Theil unserer Aufgabe gehen, wird es sich darum handeln, mit welchem Prüfungsorgan wir den Nerven verknüpft zu den Untersuchungen wählen sollen. Ein Sinnesnerv mit seinem Gehirn eignet sich augenscheinlich dazu nicht. Wir wären dabei immer auf den lebendigen Körper angewiesen und würden fortwährend damit zu kämpfen haben, dass die Thätigkeiten des auf die Innervationsvorgänge reagirenden Prüfungsorganes sich nicht objectiv genug gestalteten. Eine Drüse und ihr Nerv sind ebenso wenig brauchbar. Dieses Material wäre nicht leicht und zu jeder Zeit zu beschaffen und ausserdem arbeitet auch das Reagens auf bestehende Innervationsvorgänge nicht prompt genug. Noch weniger würden sich aus denselben Gründen die Nerven in ihren Verbindungen mit Geweben eignen, deren geänderte Ernährung als Zeichen bestehender oder aufgehobener Ernährungsvorgänge dienen sollte. Es bleibt also nur die Combination Nerv und Muskel übrig.

Zu den allermeisten der folgenden Untersuchungen bedienen wir uns des Nervus ischiadicus mit dem anhängenden Musculus gastrocnemius des Frosches, indem dieses Präparat alle nur wünschenswerthen Vortheile und Bequemlichkeiten in sich vereinigt; in der That sind auch die meisten und wichtigsten der in dies Gebiet einschlagenden Originaluntersuchungen an ihm angestellt worden. Es wird auf folgende Weise hergestellt. Nachdem der Frosch decapitirt, enthäutet und sein Rückenmark zerstört ist, präparirt man den Nervus ischiadicus von der Kniekehle aus nach oben, indem man einfach den ihn bedeckenden Musculus biceps entfernt, da, wo er aus der Beckenhöhle nach hinten heraustritt, seine an die Oberschenkelmuskeln gehenden Zweige nebst einigen ihn von da nach oben noch bedeckenden Muskeln durchschneidet nnd vom Plexus ischiadicus trennt. Hierauf löst man die Achillessehne von ihrem Ansatzpunkt, schneidet die sehnigen Ansätze des Gastrocnemius in der Gegend der Kniekehle durch und trennt schliesslich den entblössten

Nerven nach oben fortschreitend von seiner Umgebung los. Für eine Anzahl von Versuchen kann man sich auch und bisweilen mit besonderem Vortheil der beiden folgenden Präparate bedienen. Entweder schneidet man, nach der Präparation des Nervus ischiadicus wie vorher, den Unterschenkel im Kniegelenk oder unmittelbar oberhalb desselben durch, so dass man denselben mit seiner gesammten Muskulatur und dem anhängenden Nerven verwendet; oder man bedient sich der beiden zusammenhängenden hinteren Extremitäten nebst den zugehörigen Plexus ischiadici, indem man vom enthäuteten Frosche ausser den erwähnten Gliedern und dem Stücke der Wirbelsäule, an dem die ischiadischen Geflechte hängen, alles Andere fortschneidet. Die beiden letzten Formen des Präparates gehen vorzugsweise unter dem Namen des *rheoscopischen Froschschenkels,* da man sie besonders zum Nachweis flüchtiger und geringer Spuren von Electricität irgend einer Quelle, namentlich in den ersten Zeiten des Galvanismus, vielfach benutzt hat.

Der motorische Nerv kann electrisch, thermisch, mechanisch, chemisch und im lebendigen Körper auf uns noch unbekannte Art von den sogenannten Centralorganen aus erregt werden. Wir nehmen nun die Gesetze dieser verschiedenen Reizungsarten, mit Ausnahme der letzteren, von welchen beim Gehirn und Rückenmark die Rede sein wird, im Einzelnen vor.

§. 12.

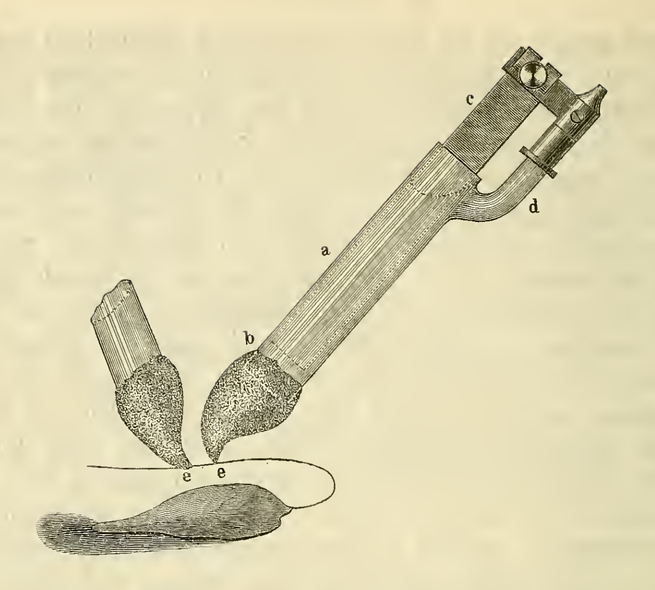
Erscheinungen und Gesetze der electrischen Reizung des motorischen Nerven.

Electrische Reizung. Die Ausbildung der Lehre dieser Art der Nervenreizung, welche von der Entdeckung der thierischen Electricität und des Galvanismus ihre Anfänge datirt, ist wesentlich mitbedingt gewesen durch die auf dem Gebiete der reinen Physik nach und nach erworbene Kenntniss über die Natur des galvanischen Stromes. Fast jede wichtige Entdeckung in jenem Gebiete zog eine solche auf dem der electrischen Nervenreizung nach sich. Wir wollen dies indess hier nicht im Einzelnen verfolgen, sondern uns sogleich zur Kenntnissnahme des gegenwärtigen Standes dieses Abschnittes der Nervenphysiologie anschicken. Obschon die Mittel zur Ausführung der hierher gehörigen Untersuchungen wenig zahlreich und mit einigen Ausnahmen im Allgemeinen sehr einfach sind, so hat die Anstellung electrischer Reizversuche doch ihre vielfachen Tücken, welche den Experimentator zur steten, ganz besonderen Aufmerksamkeit mahnen. Ausser dem Nerv-Muskelpräparate reicht man in der Regel mit einer Anzahl constanter Elemente, unter

denen sich namentlich die Daniell'schen durch Wohlfeilheit und Bequemlichkeit empfehlen, dem Rheochord, einem Inductionsapparat mit Schlüssel und Helmholz'scher Vorrichtung, einigen Apparaten zum Oeffnen und Schliessen der Ketten und irgend einer, die Herstellung unpolarisirbarer Electroden bezweckenden Vorrichtung aus. Diese Bedürfnisse sind bereits in der Einleitung besprochen worden. Es erübrigt nur noch, einige Formen der unpolarisirbaren Electroden zu beschreiben, wie sie jetzt vielfach in Gebrauch sind. Die erste hier zu erwähnende kleine Vorrichtung hat ursprünglich Pflüger angegeben; neulich hat sie Czermak *) modificirt. Nach letzterem nimmt man eine gläserne Spritze, wie sie zu medicinischen Zwecken dient und entfernt aus ihr den Stempel. Diesen ersetzt man durch eine Glasröhre, welche an dem einen Ende mit einem Papierpfropf zugestopft, dann mit einer Lösung von schwefelsaurem Zinkoxyd gefüllt und endlich am anderen Ende mit Kork verschlossen wird. Dieser ist durchbohrt, um einen amalgamirten Zinkdraht aufzunehmen, welcher in die erwähnte Flüssigkeit eintaucht. Um diese in möglichst grosser Ausdehnung zu berühren, wird derselbe spiralig aufgerollt. Das Ende der Röhre, welches den Papierpfropf enthält, wird mit Fäden umwickelt, um als Stempel der Spritze zu dienen. Mit diesem saugt man die Spritze mit Hühnereiweiss voll. Solcher Vorrichtungen hat man zwei; jede wird auf ein passendes Stativ befestigt und je ein Zinkdraht mit je einem Pol der Kette verknüpft. Der zu reizende Nerv kommt in Berührung mit dem an den Spritzenspitzen frei zu Tage liegenden Eiweissflächen. Da sich jedoch nicht ganz der Verdacht entfernen lässt, dass an der Grenze von schwefelsaurer Zinkoxydlösung und Eiweiss äusserer secundärer Widerstand auftreten könne, so hat du Bois-Reymond **) in Uebereinstimmung mit den S. 32 mitgetheilten Erfahrungen die auf S. 87 stehende, andere Form unpolarisirbarer Electroden angegeben. Eine Glasröhre a wird an dem einen Ende b mit Modellirthon verschlossen, welcher mit einer etwa 1procentigen Lösung von Kochsalz angeknetet worden ist. Dieser Stoff entwickelt keine innere Polarisation und ist frei von secundärem Widerstand. Dann wird die Röhre mit schwefelsaurer Zinkoxydlösung gefüllt und in diese ein Streifen amalgamirtes Zinkblech c getaucht. An dem oberen Ende der Röhre findet sich ein Stiel d angeschmolzen, mittelst dessen die ganze Vorrichtung durch ein Kugelcharnier an einem Stativ behufs allseitiger Bewe-

*) Allgemeine medicinische Centralzeitung, 5. Juni 1861, XXX. Jahrgang, 45. Stück, S. 353.

**) Beschreibung einiger Vorrichtungen und Versuchsweisen zu electrophysiologischen Zwecken. Berlin 1863, S. 96.



gung befestigt werden kann. Endlich lässt sich der die Röhre verschliessende Thonpfropf in eine feuchte Spitze e formen, und eignet sich vortrefflich als Electrode zur Anlegung an einen zu reizenden Nerven.

Endlich ist noch zu erwähnen, dass bei den electrichen Reizversuchen und mehr oder weniger auch bei den anderen Reizungsarten der Nerv vor dem Austrocknen zu schützen ist. Für diesen Zweck hat man in die Experimentalphysiologie den sogenannten *feuchten Arbeitsraum* eingeführt. Dies ist ein verschlossener Kasten, dessen verticale Wände ganz oder zum Theil aus Glas gebaut sind und welcher gross genug ist, um die zu reizenden Theile, die vorher beschriebene Vorrichtung der unpolarisirbaren Electroden und einige Gefässe, mit zu verdunstendem Wasser gefüllt, aufnehmen kann. Die Zuleitungsdrähte von der Kette her liegen in wohl isolirten Durchbohrungen des Bodens. Die dem Beobachter beim Arbeiten zugekehrte Seite besteht aus zwei Glasscheiben, welche an den sich berührenden Kanten behufs inniger Berührung gut abgeschliffen sind und welche, wenn man Zugang zum Arbeitsraume haben will, einfach bei Seite geschoben werden. — Schon ziemlich frühe hatte man beobachtet, dass eine electrische Kette einen in ihren Kreis eingeschalteten Nerven nur dann errege und den zugehörigen Muskel zur Zuckung veranlasse, wenn jene geschlossen und geöffnet werde. So lange man keine Kenntniss von der Fortdauer des Stromes in der geschlossenen Kette hatte, begnügte man sich mit dieser Beobachtung. Nachdem jedoch bekannt geworden war, dass in der geschlossenen Kette

fortwährend Electricität in Bewegung sei, wollte man es sehr wahrscheinlich finden, dass auch der in der *geschlossenen* Kette befindliche Nerv erregt werden und dass namentlich auf die *Grösse* der Erregung die verschiedene *Stromstärke* einen Einfluss haben müsse. Einige Beobachtungen schienen dies zu bestätigen, andere zu widerlegen. So blieb man, selbst bis in die neueste Zeit hinein, über die Beziehung der Stromstärke zur Zuckung völlig im Unklaren, bis endlich du Bois-Reymond nachwies, dass diese eine ganz unwesentliche sei, indem er das folgende, allgemeine, die electrische Reizung der motorischen Nerven betreffende Gesetz aufstellte*): „*Nicht der absolute Werth der Stromdichte***) „*ist das die Zuckung bedingende Moment, sondern die Grösse ihrer* „*Schwankung innerhalb zweier, auf einander folgender, sehr kleiner* „*Zeittheilchen, und im Allgemeinen ist die Zuckung um so stärker, je* „*grösser die Schwankung des Stromes in der Zeiteinheit ist.*"

Aus diesem Gesetz folgt, dass, wenn der Nerv in eine *constante* Kette geschaltet wird, nur beim Schliessen und Oeffnen derselben der Muskel zuckt, dahingegen in vollkommener Ruhe verbleibt, während der Strom in *unveränderlicher* Dichte den Nerven durchzieht; denn Schliessung der Kette ist weiter Nichts, als eine Schwankung des Stromes zwischen der Dichte Null und der von einer bestimmten Grösse, dagegen Oeffnen derselben eine solche in entgegengesetztem Sinne; jene eine *positive*, diese eine *negative*. Will man *während* des Geschlossenseins der Kette eine Zuckung entstehen sehen, so kann dies nur dadurch geschehen, dass man auf irgend eine Weise eine *plötzliche* Aenderung der Stromstärke herbeiführt, also z. B. durch Erschütterung stark polarisirter Electroden oder dadurch, dass man rasch eine gut leitende Nebenschliessung anbringt oder unterbricht. Vorher wurde bemerkt, dass der *absolute* Werth der Stromesdichte nicht das die Zuckung bedingende Moment sei. Es würde jedoch voreilig sein, daraus den Schluss zu ziehen, dass die Muskelzuckung in *gar keiner* Beziehung zur Stromstärke stehe, da behauptet wurde, dass nur im *Allgemeinen* die Zuckung um so stärker ausfalle, je grösser die Schwankung der Stromesdichte in der Zeiteinheit sei. Diese Vorsicht im Ausdruck deutet an, dass über diesen Punkt noch eine besondere Bemerkung vorgesehen ist. Dieselbe besteht nun in dem Zusatze, dass durch die ganze Scale der möglichen Stromdichten, die einen Nerven möglicher Weise durchziehen mögen, nicht überall gleich grosse Schwankungen gleich starke Zuckungen bedingen. Dies lässt sich, wie

---

*) Dessen Untersuchungen über thierische Electricität, I, S. 258.

**) Stromdichte wird hier und fortan in dem S. 9 gegebenen Sinne genommen.

ich zuerst angegeben habe *), auf folgende Weise zeigen. In den Kreis einer mehrelementigen Kette von grader Gliederanzahl wird die secundäre Rolle eines Inductionsapparates und der Nerv unseres Präparates aufgenommen. Man ordnet zuerst die eine Hälfte der Glieder umgekehrt, so dass also die Kette gar keinen oder nur einen sehr schwachen Strom liefert, und schickt einen Inductionsstoss von bestimmter Stärke durch den Nerven. Dann ordnet man sämmtliche Glieder in demselben Sinne und sendet von Neuem denselben Inductionsstrom durch den Nerven, wobei zu beachten, dass jetzt der letztere nicht allein dieselbe Richtung, wie vorher, sondern auch wie der constante Strom habe. In beiden Fällen wird der Nerv durch *dieselbe* Stromesschwankung gereizt, im letzteren Falle aber geht sie wegen des durch den Nerven ziehenden constanten Stromes zwischen absolut höheren Ordinaten vor sich, als vorher. In beiden Versuchen fällt die Zuckung nicht gleichstark, sondern im letzteren in der Regel schwächer, als im ersteren aus. Indess ist diese Art des Versuches nicht geeignet, das Gesetz etwas näher kennen zu lernen, nach welchem sich die Wirksamkeit derselben Stromesschwankung bei verschiedener, bereits im Nerven herrschender Stromdichte richtet. Eine Vervollkommnung meines Versuches durch Herrn Pflüger leistet dies bis zu einem gewissen Grade. Ihm kam der glückliche Umstand zu statten, dass ihm das von du Bois-Reymond erfundene Rheochord behufs *mannigfaltiger* Abstufung der Stromdichte im Nerven zu Gebote stand. Indem er in dieses den Nerven und die secundäre Rolle des Inductionskreises aufnahm, so erweiterte er meine Beobachtung dahin, dass er zeigte, wie dieselbe Stromesschwankung bei der Stromdichte Null im Nerven keine Zuckung, bei zunehmender dagegen eine solche und bei noch weiter wachsender wieder eine schwächere oder gar keine erzeugt, dass also mit anderen Worten eine sich gleich bleibende Stromesschwankung in Bezug auf die absolute Stromdichte ein Maximum hat. Pflüger **) hat für dieses Verhalten die folgende Erklärung gegeben. Es wird in einem späteren Abschnitt gezeigt werden, dass, wenn ein constanter Strom einen motorischen Nerven durchzieht, die Erregbarkeit des Nerven sowohl zwischen, als ausserhalb der Electroden geändert wird, und dass diese Veränderung der Erregbarkeit wesentlich von der Stromdichte abhängig ist. Ist diese gering, so befindet sich erfahrungsgemäss die zwischen den Electroden eingeschlossene Strecke fast ihrer ganzen Länge nach im Zustande erhöhter und nur ein verhältnissmässig kleiner Theil im Zustande verminderter Erregbar-

*) Meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie, I. Giessen 1858, S. 28.

**) Untersuchungen über die Physiologie des Electrotonus, S. 394.

keit. Mit wachsender Stromdichte nimmt der letztere Theil immer mehr an Länge zu, so dass bei hohen im Nerven herrschenden Stromdichten fast die ganze intrapolare Strecke sich im Zustande verminderter und nur noch ein kleiner Theil im Zustande erhöhter Erregbarkeit befindet. So kommt es dann, dass eine bestimmte Stromesschwankung einen sehr verschiedenen Effect je nach der bereits im Nerven herrschenden Stromdichte zur Folge hat. du Bois-Reymond *) aber hat endlich darauf aufmerksam gemacht, dass mit dieser Erklärung die in Rede stehende Erscheinung noch nicht vollständig zergliedert sei. In der That, da die Erregung eines Nerven, für deren Stärke uns die Muskelzuckung ein ungefähres Maass abgiebt, von *zwei* Factoren : der Grösse der Erregbarkeit und der Grösse des Reizes abhängt, und weiter die erstere eine Function der Stromesdichte ist; so wäre möglich, dass sich auch noch der Reiz, der in dem Uebergang von einer Stromesdichte zur anderen liegt, als abhängig von der Stromdichte erwiese. Ueber diesen Punkt liegen bis jetzt keine Erfahrungen vor und es kann daher einstweilen keine vollkommen genügende Erklärung von der Thatsache gegeben werden, dass dieselbe physikalisch gleiche Stromesschwankung in Bezug auf die Erregung motorischer Nerven von verschiedenem Erfolge begleitet ist, je nachdem dieselbe zwischen verschieden hohen Stromesdichten stattfindet.

Das allgemeine Gesetz der Nervenerregung, sowie der soeben behandelte Zusatz desselben lassen sich mit Hilfe des von du Bois-Reymond **) erfundenen *Schwankungsrheochords* zeigen. Um die Anzahl der Abbildungen nicht zu übertreiben, habe ich keine Abbildung von diesem Instrumente anfertigen lassen, hoffend, dass auch ohne eine solche das Princip desselben durch die folgende Beschreibung sich werde einsehen lassen. Man denke sich zwei messingene Stücke auf einem Brete etwa in der Entfernung von 40^{cm} befestigt. Jeder ist mit einem sehr dicken, kupfernen Drahtstück versehen, um Verbindungen desselben mit anderen Instrumenten und einer Kette herzustellen. Zwischen beiden ist der Länge nach ein dünner Eisendraht von circa $0,2^{mm}$ Dicke ausgespannt. Derselbe geht durch einen mit Quecksilber gefüllten Stahlcylinder, der sich mit Hilfe eines an zwei besonderen, starken Führungsdrähten gehenden Schlittens von einem Messingstück zum anderen verschieben lässt. Diese Verschiebung lässt sich mit grosser Schnelligkeit

*) Beschreibung einiger Vorrichtungen und Versuchsweisen zu physiologischen Zwecken. Aus den Abh. der k. Academie d. Wissenschaften zu Berlin. 1863. S. 137.

**) Ebendaselbst, S. 131.

und zwar dadurch ausführen, dass der Schlitten mit einem stark angespannten Caoutschucschlauche in Verbindung ist, welcher, wenn die spannende Ursache aufgehoben wird, seine natürliche Länge annimmt und beim Uebergang zu dieser den Schlitten von einem Messingstück zum anderen führt. Der Quecksilbercylinder ist mit einem längeren, sehr dünnen biegsamen Drahte in Verbindung, dessen freies Ende zu dem zu reizenden Nerven führt. Um nun eine Vorstellung davon zu erhalten, wie man eine positive Stromesschwankung mittelst dieser Vorrichtung einen Nerven durchsetzen lassen kann, denke man sich weiter folgende Anordnung. Der Pol einer Kette führe zu einem gewöhnlichen Rheochord, dessen Schieber auf Null steht. Dieses selbst sei verknüpft einerseits mit einem Messingstück des Schwankungsrheochordes, andererseits mit einem Draht, welcher zu demselben Nerven geht, wohin sich auch der vom Cylinder des Schwankungsrheochordes kommende dünne Draht begiebt. Der Quecksilbercylinder des Schwankungsrheochordes stehe bei angespanntem Caoutschucschlauche demjenigen Messingsstücke an, mit welchem das gewöhnliche Rheochord verknüpft ist. Der andere Pol der Kette sei mit dem zweiten Messingstück des Schwankungsrheochordes verbunden. Dann findet folgender Stromlauf statt. Von der Kette durch das gewöhnliche Rheochord zum einen Messingstück und dem ihm anliegenden Quecksilbercylinder des Schwankungsrheochordes durch den Eisendraht des letzteren zum anderen Messingstück und von da zur Kette zurück. Ausserdem existirt ein Nebenweg, welcher vom gewöhnlichen Rheochord zum Nerven und von da zum Schlitten des Schwankungsrheochordes führt. Auf letzterem wird bei dieser Anordnung kein merklicher Stromzweig gehen. Wird jetzt der spannende Caoutschucschlauch losgelassen, fährt also der Cylinder gegen das andere Messingstück, so wird während dieser kurzen Zeit in die erste der beschriebenen Strombahnen die Eisensaite des Schwankungsrheochordes dergestalt nach und nach als Widerstand eingeführt, dass in der den Nerven enthaltenden Nebenbahn in derselben Zeit der Strom entsprechend anwachsen muss; es ist im Nerven eine von Null ausgehende *positive* Schwankung hergestellt. Wiederholt man den Versuch in der Art, dass man wachsende Widerstände des gewöhnlichen Rheochordes einführt, so kreisen im Nervenkreise entsprechende Ströme, wenn der Cylinder die Stellung erhält, welche ihm bei gespanntem Schlauche zukommt; bei der Freigebung der Spannung des letzteren wächst die Stromstärke im Nervenkreis wie vorher, man hat dieselbe Stromesschwankung in derselben Zeit, nur mit dem Unterschiede, dass sie jetzt jedesmal von gewissen, schon im Nerven herrschenden Stromstärken ausging. Will man eine *negative* Schwankung herstellen, so muss man das Hülfsrheochord ausser mit dem

Nerven mit dem anderen Messingstück des Schwankungsrheochordes verbinden. Dann geht bei der Stellung des Cylinders, welche dem gespannten Schlauche entspricht, durch den Nerven schon ein Strom einer gewissen Dichte, da die Bahn, zu welcher die Nervenbahn Nebenschliessung ist, den Eisendraht als Widerstand enthält. Wird der Schlitten frei gegeben, so wird dieser Widerstand ausgeschaltet, die Stromstärke nimmt in dieser Bahn zu, folglich die Dichte im Nerven ab. Entfaltet man nach und nach die Widerstände des Rheochords, so findet durch die Bewegung des Schlittens stets dieselbe Stromesschwankung, jedoch zwischen anderen Stromdichten, statt.

Das allgemeine Gesetz der electrischen Nervenerregung bietet zwei Ausnahmen. Die erstere zeigt sich, wenn die Stromdichte im Nerven ausnehmend gross wird. Dann nämlich erscheinen auch Zuckungen während des Geschlossenseins der Kette. Sie haben ihren Grund zum Theil in den kleinen Unbeständigkeiten, denen Ketten von grösserer Gliederanzahl leicht unterworfen sind, zum Theil in den chemischen und thermischen Zerstörungen, welche unter diesen Umständen die Nervensubstanz ergreifen. Diese Ausnahme ist daher nur eine *scheinbare*. Die andere wird im Gegensatz hierzu bei Anwendung sehr geringer Stromdichten beobachtet und besteht gleichfalls in Zuckungen des Muskels während des Schlusses der Kette durch den Nerven. Man kann sich leicht davon überzeugen, dass sie auch dann auftreten, wenn alle Unbeständigkeiten der Kette ausgeschlossen sind. Letzteres geschieht durch die Anwendung feiner stromprüfender Messwerkzeuge und nicht polarisirbarer Electroden, also von Vorrichtungen etwa der Art, wie eine oben S. 87 beschrieben worden ist. Die für den Versuch nothwendigen, geringen Stromdichten werden durch Anwendung des Rheochords und Ketten von geringer electromotorischer Kraft beschafft. Bei näherer Untersuchung mit diesen Mitteln ergiebt sich weiter, dass Stromstärken von der Ordnung des Muskelstromes als die niedrigsten zu betrachten sind, bei denen man Zuckungen während der Dauer des Geschlossenseins der Kette zu gewärtigen hat. Werden die Stromdichten etwas stärker gewählt, so verstärkt sich der Tetanus, nimmt aber bei allmählicher Steigerung wieder ab und verschwindet bald gänzlich. Diese Wirkungen wachsen mit der Länge der durchflossenen Nervenstrecke und werden leichter durch den auf- als durch den absteigendzn Strom erzeugt. Auch diese Erfahrungen widersprechen dem allgemeinen Gesetze der electrischen Erregung motorischer Nerven nicht. Der galvanische Strom übt in dem von ihm durchflossenen Nerven fortwährend translatorische und chemische Wirkungen aus, die als Reize zu betrachten sind, welche entsprechend den S. 99 zu machenden Bemerkungen auf

einen Nerven wirken, dessen Erregbarkeit ungewöhnlich gesteigert ist. *)

Wir dürfen die electrische Reizung nicht verlassen, bevor wir nicht noch eine Anzahl von Einzelheiten untersucht haben, welche mit dem allgemeinen Gesetze dieser Reizung zusammenhängen. Diese betreffen folgende Punkte:

1. *das Maximum der Zuckung.* Unser allgemeines Gesetz der Reizung sagt, dass die Anregung zur Bewegung um so grösser sei, je grösser die Stromesschwankung ausfalle. Dies hat indess seine Grenzen. Von einem gewissen Punkte an hat, selbstverständlich unter übrigens gleichen Umständen, eine Vergrösserung der Stromesschwankung keine Verstärkung der Zuckung mehr zur Folge, die letztere hat bei jenem Punkte ihr Maximum. Wir werden im Folgenden Gelegenheit haben, auf die Umstände aufmerksam zu machen, durch welche das einer gewissen Reizungsart entsprechende Maximum der Zuckung noch verstärkt werden kann;

2. *den Einfluss der Dauer des electrischen Stromes auf die Stärke der Zuckung.* Die dem allgemeinen Gesetze der electrischen Nervenerregung gegebene Formulirung schliesst den Einfluss der Dauer des electrischen Stromes aus. Man stellt sich dabei vor, dass die Beweglichkeit der Nervenmoleküle so gross sei, dass diese *mit* der *Herstellung* und dem *Verschwinden* des electrischen Stromes in *demselben* Augenblicke auch diejenigen Veränderungen annähmen, welche ihnen unter dem Einflusse desselben zukämen, dass sie, um mich mit du Bois auszudrücken, mit einem *unendlich geringen Trägheitsmoment* begabt seien. In neuerer Zeit aber sind durch Fick **) Versuche bekannt geworden, welche darthun, dass sich dieser Punkt nicht ganz so verhalte. Sie deuten vielmehr darauf hin, dass beim Schluss einer Kette die Grösse der Zuckung des Muskels nicht allein abhängig ist von der Grösse der Dichtigkeitsschwankung in der Zeiteinheit, sondern auch noch von einem gewissen, wenn auch kleinen Zeitmoment, während dessen der Strom nach dem Kettenschluss *andauert* und dass eben so bei der Oeffnung die dieser negativen Stromesschwankung entsprechende Zuckung in ihrer Stärke mitbedingt wird durch die Zeit während welcher der Strom vor der wirklichen Oeffnung der Kette im Nerven floss. Fick glaubt durch

*) Die Entdeckung dieser Wirkung schwacher galvanischer Ströme verdankt man Pflüger. Ueber die tetanisirende Wirkung des constanten Stromes und das allgemeine Gesetz der Reizung. Virchow's Archiv für pathologische Anatomie, Bd. XIII, S. 437.

**) Beiträge zur vergleichenden Physiologie der irritabeln Substanzen. Braunschweig 1863 und Untersuchungen über electrische Nervenreizung. Braunschweig 1864.

seine Versuche als Grenzwerth für jene einflussreiche Zeit vorläufig etwa 0,001 Sec. festsetzen zu können; so dass also bei Schluss und Oeffnung bei gleicher Dichtigkeitsschwankung die Zuckung noch verschieden stark ausfallen könne, je nachdem der Strom noch verschieden lang innerhalb des erwähnten Zeitwerthes andaure, dagegen keinen Zuwachs mehr erfahren würde, wenn über diese Zeit hin die Kette geschlossen gehalten würde. Wir stehen einstweilen von der Mittheilung der Methode ab, da dieselbe noch einer Verbesserung, nämlich des Nachweises bedarf, dass sich auch wirklich der electrische Strom in den *gebrauchten Leitungen* in voller Stärke in demjenigen Zeitmomente herstellte, für welchen es angenommen wird, dass also wirklich in jener für die Zuckung einflussreichen Zeit von 0,001 Sec. der Strom selbst nicht mehr anstieg, sondern vor ihr wirklich seinen constanten Werth bereits erreicht hatte.

3. *den Einfluss der Stromesrichtung.* Schon sehr frühe ist bemerkt worden, dass Schliessung und Oeffnung derselben Kette durch dasselbe Nervenstück von einem verschiedenen Erfolg begleitet ist, je nachdem der Strom *ab-* oder *aufsteigend* *) im Nerven fliesst. Dieser Urterschied macht sich auf allen Stufen der Erregbarkeit geltend. Nach du Bois-Reymond's Vorschlag wird in der heutigen Nervenphysiologie die Summe der hierher gehörigen Erscheinungen das *Gesetz der Zuckungen* genannt. Die erste Entdeckung eines Theils der in dies Gebiet schlagenden Thatsachen gebührt Pfaff **) Die seinen Untersuchungen über diesen Gegenstand folgenden sind verhältnissmässig zahlreich, aber die erhaltenen Resultate wenig in Uebereinstimmung. Die Gründe dafür lassen sich leicht überblicken. Abgesehen von der grösseren oder geringeren Genauigkeit, mit der verschiedene Forscher arbeiten, kommt in Betracht, dass erstens in die früheren Versuche die Polarisationserscheinungen vielfach störend eingegriffen haben und daher erst von der Zeit der Einführung nicht polarisirbarer Electroden sich die besseren Untersuchungen datiren; dass zweitens die Erregbarkeit des Nerven zu verschiedenen Zeiten nach dem Tode veränderlich befunden wird, und dass nach neueren Forschungen es allen Anschein hat, dass diese Erregbarkeitsveränderung nicht auf allen Punkten der Länge des Nerven gleich

*) Man nennt den Strom *absteigend*, wenn er an einem dem Rückenmarksende des Nerven näher gelegenen Punkte ein und an einem entfernter davon liegenden wieder austritt, *aufsteigend*, wenn das Umgekehrte stattfindet. Bisweilen wird nach Nobili auch die erstere Richtung courant direct, letztere courant inverse genannt. Die deutschen Benennungen werden vorgezogen, weil die französischen für die Bewegungs- und Sinnesnerven nicht gleich gut brauchbar sind.

**) Abhandlung über die sogenannte thierische Electricität. Gren's Journal der Physik. Jahr 1774, S. 196.

gross ist und dass endlich viertens die Erregbarkeit beträchtliche Veränderungen durch die Application der electrischen Reize selbst erfährt. Ich gebe daher einstweilen über diesen Punkt nur diejenigen Thatsachen, von denen ich glaube, dass für sie später kein Widerruf nothwendig sein wird, selbst wenn sie unvollkommen sein sollten. Leitet man durch einen *frischen unverletzten* Nerven *schwache* electrische Ströme, so erhält man stets *Schliessungs-* nie *Oeffnungs*zuckung des Muskels, der Strom mag *ab-* oder *aufwärts* im Nerven fliessen. Dieses Factum ist in den letzten Jahren von Rosenthal *), Pflüger **) und Schiff ***) übereinstimmend gefunden worden. Bei Steigerung der Stromstärke erhält man unter Anwendung derselben Nerven für jede Stromesrichtung *Schliessungs-* und *Oeffnungszuckung,* wobei für den absteigenden Strom gewöhnlich die erstere die stärkere, die letztere die schwächere ist und für den aufsteigenden Strom es sich umgekehrt verhält. Werden *noch* stärkere Stromkräfte in Anwendung gesetzt, so wird für den absteigenden Strom die *Oeffnungs*zuckung immer schwächer, bis sie zuletzt gänzlich verschwindet. Für den aufsteigenden Strom trifft diese Bemerkung die *Schliessungs*zuckung. Ein starker absteigender Strom liefert also nur noch eine *Schliessungs-*, ein starker aufsteigender nur noch eine *Oeffnungszuckung* †). Es sind zwar bezüglich der beiden letzteren Stromesstärken nicht die Angaben aller Forscher in Uebereinstimmung; aber die Mehrzahl derselben dürfte sich wohl jetzt, namentlich seit Pflüger's Prüfung, für die Richtigkeit dieser Angaben entscheiden. Das Gesetz der Zuckungen würde also für den *frischen* Nerven tabellarisch so aussehen:

Stromstärke		aufsteigende Stromesrichtung	absteigende Stromesrichtung
schwache	S	Zuckung	Zuckung
	0	Ruhe	Ruhe
mittelstarke	S	Zuckung	Zuckung
	0	Zuckung	Zuckung
starke	S	Ruhe	Zuckung
	0	Zuckung	Ruhe.

Ebenso zeigt sich der Unterschied beider Stromesrichtungen auf anderen Stufen der Erregbarkeit. Bezold und Rosenthal geben an,

*) A. v. Bezold und J. Rosenthal: Ueber das Gesetz der Zuckungen. Archiv für Anatomie und Physiologie von Reichert und du Bois-Reymond. Jahrg. 1859, S. 131.

**) Ueber die Ursache des Oeffnungstetanus. Ebendaselbst S. 133.

***) Ueber Modification der Erregbarkeit durch electrische Reizung. Froriep's neue Notizen, Bd. III, 1858, Nr. 14 und in seinem Lehrbuche.

†) l. c. S. 133.

darüber Folgendes ausgemittelt zu haben. Bei denselben schwachen Strömen, welche in aufsteigender Richtung am frischen Nerven nur *Schliessungszuckung* geben, beobachtet man nach einiger Zeit *Schliessungs-* und *Oeffnungszuckung* und auf noch späteren Stadien nur *Oeffnungszuckung;* dagegen bei denen, welche in absteigender Richtung am unverletzten Nerven gleichfalls nur *Schliessungszuckung* sehen lassen, nach einiger Zeit *Schliessungs-* und *Oeffnungszuckung* und später wiederum nur *Schliessungszuckung* *).

Mit der Untersuchung der verschiedenen Stärken der Zuckungen als abhängig von der Stromesrichtung auf verschiedenen Stufen der Erregbarkeit haben sich ausser Pfaff seit den letzten Jahren des vorigen Jahrhunderts bis zur neueren Zeit herauf zahlreiche Forscher beschäftigt. Unter den älteren ragen besonders Ritter (1797—1805) und Nobili (1829) hervor. Man spricht desshalb wohl häufig von dem Ritter-Nobili'schen Zuckungsgesetz. Streng genommen ist darunter die Gesammtheit ihrer Angaben über die Stärken der Zuckungen bei verschiedenen Stromesrichtungen auf verschiedenen Stufen der Erregbarkeit zu verstehen **). Häufig greift man jedoch unter diesem Namen nur vorzugsweise die Erscheinungen heraus, welche sich bei Anwendung von Strömen mittlerer Stärke und frischen Nerv-Muskelpräparaten zeigen, unter welchen Umständen in der Regel beide Zuckungen von den Stärken auftreten, wie es vorher angegeben wurde.

4. *den Einfluss der Zeit, zu welcher nach der Trennung des Nerven vom Organismus die Reizversuche angestellt werden.* Schon unter der vorigen Nummer wurde angeführt, dass die Schliessungen und Oeffnungen verschiedener Richtungen constanter Ströme durch Nerven zu verschiedenen Zeiten nach dem Tode des Thieres einen verschiedenen Effect zur Folge haben. Diese Erregbarkeitsveränderungen hat man nun noch weiter auf die Weise studirt, dass man sich als Reizungsmittel der Inductionsströme bediente. Man hat dabei den Vortheil, die Grössen der auftretenden Zuckungen schärfer zu bestimmen und so verhältnissmässig kleinere Veränderungen in der Erregbarkeit aufzufassen. Die Untersuchungen über diesen Punkt gehören indess mit zu den difficilsten im ganzen Gebiete der Nervenreizung.

Ohne Weiteres ist klar, dass bei diesen Versuchen solche Inductionsströme angewendet werden müssen, welche das *Maximum* der Erregung

---

*) v. Bezold und Rosenthal, l. c.

**) Man sehe dieselben tabellarisch zusammengestellt bei du Bois-Reymond: Untersuchungen über thierische Electricität, Bd. I, S. 319 u. 364.

liefern, da in den vielen Versuchen, welche bei dieser Gelegenheit angestellt werden müssen, für schwächere Inductionsströme man nicht für alle ohne besondere Prüfungen die Garantie haben könnte, dass sie von derselben physiologischen Wirkung wären. Um derartige Inductionsströme zu gewinnen, thut man am besten durch Präliminarversuche an einem Nerven, den man zur Untersuchung zu wählen gedenkt, die Stärke zu ermitteln, bei welcher das Maximum der Zuckung eintritt und dann zur Vorsicht noch etwas darüber hinauszugehen. Prüft man nun mit solchen irgend eine beliebige Stelle des Nerven in auf einander folgenden Zeiten, so ergiebt sich, dass die Zuckungen troz der Anwendung eines und desselben Inductionsstromes zu verschiedenen Zeiten verschieden stark ausfallen und zwar, wie Munk*) ausgemittelt hat, der Art, dass in der ersten Zeit die Erregbarkeit zunimmt und dann allmählich absinkt. Die Zeit der Zunahme ist natürlich für die verschiedenen Nerven sehr verschieden. In den zahlreichen von Munk darüber angestellten Versuchen fand das Steigen der Erregbarkeit bis während 50 Sec. statt. Wie bereits erwähnt, findet dieses Wachsen und diese Abnahme der Erregbarkeit an jeder Stelle des Nerven, welche man auch zur Prüfung wählen mag, statt, aber die Art und Weise, wie sich Beides in der Zeit macht, ist nicht für alle Punkte des Nerven die gleiche. Nach der Angabe des citirten Forschers sollen anfangs die Erregungsmaxima zu derselben Zeit sämmtlich gleich sein, in der Folge aber wird vom Querschnitt des Nerven aus gegen den Muskel hin ein Punkt nach dem anderen dergestalt verändert, dass sein Erregungsmaximum kleiner wird als die aller übrigen, für welche es aber zu derselben Zeit noch von gleicher Grösse ist. Was die tieferen Ursachen dieses Verhaltens des Nerven anlangt, so ist ermittelt worden, dass sie sich wesentlich auf zwei reduciren: den künstlich angelegten Querschnitt des Nerven und die Temperaturveränderung, welcher die Nerven bei ihrer Herausnahme aus dem Körper und ihre Ueberführung in das in der Regel wärmere Beobachtungszimmer erfahren. Von dem letzteren Umstande hängt die Erhöhung des Erregungsmaximums in den ersten Zeitabschnitten ab. Der angelegte Querschnitt des Nerven dagegen hat zur Folge, dass von ihm aus das Erregungsmaximum zu *sinken* beginnt, so dass also ihm näher gelegene Punkte früher an Reizbarkeit abnehmen, als ihm ferner liegende. Dies ergiebt sich daraus, dass das Sinken des Erregungsmaximus an einem Punkte des Nerven durch Anlegen eines neuen Querschnittes in seiner unmittelbaren Nähe noch mehr beschleunigt wird, so

*) Untersuchungen über die Leitung der Erregung im Nerven. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. 1861. S. 425.

wie auch daraus, dass, wenn man einen, mit dem Rückenmark noch zusammenhängenden N. ischiadicus eines lebenden Frosches zu den beschriebenen Versuchen verwendet, dann an den oberen Stellen ein nicht so schnelles Sinken der Erregbarkeit beobachtet wird, als an getrennten Nerven. Als Grund dieser Wirkung des Querschnitts darf man wohl die von ihm aus beginnende und allmählich abwärts vorschreitende Zersetzung des Nerven ansehen, die bei diesem höchst wahrscheinlich ebenso, wie beim Muskel in einer Säurebildung besteht, von welcher du Bois-Reymond für den Muskel nachgewiesen hat, dass sie von Querschnitten aus sich leichter als von anderen Stellen aus entfaltet. Die allgemeine Abnahme der Erregbarkeit des Nerven von seinem Rückenmarksende, vom Centrum nach der Peripherie hin, ist schon früher beobachtet worden. Valli bemerkte zuerst, dass, wenn von einer gewissen Stelle des Nerven durch eine gewisse Metallcombination keine Zuckung mehr erhalten werden kann, diess wieder möglich sei, sobald man vom Nerven aus weiter nach dem Muskel hin rücke. Man nennt desshalb auch diesen Modus des Absterbens des Nerven das Valli'sche Gesetz.

5. *den Einfluss des Ortes, wo der Reiz am Nerven angreift.* Nach der soeben gemachten Mittheilung sollte man erwarten, dass sich nach der Trennung des Nerven vom Körper während des Sinkens dieser Erregbarkeit alle Stellen desselben gleich verhalten, dass von oben nach unten einer nach dem andern in seiner Erregbarkeit bis zum gänzlichen Absterben abnehme. In Wirklichkeit ist dies nun aber nicht der Fall, sondern an jedem Nerven giebt es gewisse Punkte, in deren nächsten Nähen auf- und abwärts von einer gewissen Zeit an die Erregbarkeit rascher als an anderen Stellen sinkt, so dass Inductionsströme von einer gewissen Stärke an den genannten Orten dann keine Zuckungen mehr auslösen, während dieselben an anderen sich noch wirksam erweisen. Am Nervus ischiadicus des Frosches, an welchem diese Verhältnisse am sorgfältigsten studirt worden sind*), finden sich zwei solcher *ausgezeichneter Stellen,* von denen die eine an der Abgangsstelle des stärksten Oberschenkelastes, die andere an der Theilungsstelle des Nerven in die beiden für den Unterschenkel bestimmten Aeste liegt.

6. *die Stellung der Electroden.* Schon zu den ersten Zeiten des Galvanismus wurden Versuche bekannt, welche im Allgemeinen die geringe Wirksamkeit der senkrecht zur Längsaxe des Nerven gestellten stromleitenden Electroden andeuteten. Schon Galvani hat, um dies

*) Munk: Untersuchungen über die Leitung der Erregung im Nerven. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond 1862 S. 1 ff.

zu zeigen, in dieser Beziehung angerathen, in den Kreis einer Kette einen mit Wasser oder einer thierischen Flüssigkeit befeuchteten Faden einzuschalten und über diesen den Nerven in senkrechter Richtung zu legen. Doch bleiben selbst bei dieser günstigen Anordnung die Zuckungen nur bei *schwachen* Stromstärken aus; sie stellen sich bei stärkern sofort und wahrscheinlich desshalb ein, weil dann verschiedene, hinreichend starke Partialströme ein Stück des Nerven auf- oder absteigend durchfliessen. Spätere Versuche haben diesen Einfluss der Stellung der Electroden auf die Stärke der Zuckung bestätigt.

7. *die Länge der erregten Strecke.* Ueber diesen Punkt ist zur Zeit nicht mehr, als die nackte Thatsache bekannt, dass die Länge der erregten Strecke einen *begünstigenden* Einfluss auf die Stärke der Zuckung ausübt; es bedarf daher derselbe einer besonderen Untersuchung. Harless *) hat zwar in neuerer Zeit diesen Gegenstand zu bearbeiten gesucht; es ist ihm aber nicht gelungen, dem Mitgetheilten Etwas Neues zuzufügen.

8. *die besonderen Einwirkungen, welchen der Nerv während seiner Erregung unterworfen wird.* Es ist von vorn herein zu erwarten, dass, wenn der Nerv, während er an einer beschränkten Stelle erregt wird, an den übrigen Punkten seines Verlaufs besonderen Einwirkungen irgendwelcher Art unterliegt, dies wesentlich den Erfolg der Reizung mitbedingen wird. Von solchen Einwirkungen hat man bis jetzt vorzugsweise den electrischen Strom studirt, da er sich mehr, als irgend ein anderes Mittel zur localen Application auf den Nerven in jeder nur wünschenswerthen Weise eignet. Die Versuche über diesen Gegenstand nehmen ihren Anfang mit Nobili **). Er beobachtete, dass Froschpräparate, welche bisweilen ohne äussere, nachweissbare Ursache in Zuckungen verfallen, sich beruhigen, wenn man einen electrischen Strom durch sie hindurchleitet. Ueber die Richtung der wirksamen Stromesrichtung sprach er sich jedoch nicht bestimmt aus. Matteucci ***) machte später dieselbe Beobachtung und schrieb beiden Stromesrichtungen beruhigende Wirkungen zu. Du Bois-Reymond †) sah ebenfalls, doch nur gelegentlich und nur beim aufsteigenden Strom, dieselbe Erscheinung. Auch Valentin ††) hat mehre, hierher gehörige Wahrnehmungen

---

*) Siehe dessen: Moleculäre Vorgänge in der Nervensubstanz. II. Abth. Voruntersuchungen. München 1858.

**) Ann. de chimie et de physique. Mai 1830 p. 60.

***) Traité des phénomènes électro-physiologiques des animaux. p. 270.

†) Untersuchungen über thierische Electricität. Bd. I. p. 385.

††) Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 2. Aufl. II. Bd. 2. Abth. S. 655.

gemacht. Später führte ich selbst den Gegenstand weiter *). Ich sonderte auf der Länge des Nerven schärfer, als es bis dahin, etwa mit Ausnahme Valentin's, geschehen war, die zu *reizende* Strecke von der vom constanten *Strom durchflossenen* und stellte folgende Sätze fest: a) Ein durch einen motorischen Nerven geführter, constanter Strom kann auf einer ausserhalb der Electroden liegenden Strecke je nach Umständen die Erregbarkeit bald *vermindern,* bald *erhöhen.* Die *Erhöhung* der Erregbarheit war bis dahin mit Sicherheit noch nicht beobachtet. Matteucci scheint dieselbe zwar vorgekommen zu sein, er ist aber in seinem Traité, einem Buche, in welchem er die Endresultate seiner Untersuchungen zu jener Zeit niederlegte, nicht wieder darauf zurückgekommen. Die Reizungen der Nerven führte ich chemisch und electrisch aus. b) Dass bei aufsteigender Stromesrichtung die Wirkung von Reizen oberhalb und unterhalb der vom Strom durchflossenen Strecke vermindert erscheine. c) Dass bei *absteigender* Richtung die Strecke über die negative Electrode hinaus in ihrer Erregbarkeit erhöht, die jenseits der positiven vermindert sei. Da ich bei absteigender Stromesrichtung jenseits der beiden Electroden entgegengesetzte Veränderungen der Erregbarkeit wahrnahm, so setzte ich mit Rücksicht darauf, dass die Nerven sowohl nach dem Ort ihres Ursprungs, als nach der Richtung ihrer Ausbreitung nach dem Muskel hin, bezüglich der bekannten electrischen Erscheinungen des Electrotonus und der negativen Schwankung keinen Unterschied zeigen, auch für die aufsteigende Stromesrichtung jenseits der Electroden entgegengesetzte Effecte bezüglich der Erregbarkeitsveränderungen voraus, obschon, wie bereits erwähnt, mir hier der Nachweis erhöhter Erregbarkeit jenseits der negativen Electrode nicht geglückt war. Bei dem Studium dieser Erscheinungen hatte ich mich in verhältnissmässig engen Stromesgrenzen bewegt; zu jener Zeit war das Rheochord noch kein bekanntes, den Physiologen leicht zugängliches Instrument. Pflüger **) hatte das Glück, das Princip und die ersten Anfänge desselben von du Bois-Reymond übermittelt zu bekommen. Unter diesen günstigen Umständen führte er die von mir angefangenen Untersuchungen weiter und fügte Folgendes hinzu: a) Er bezeichnete den Zustand erhöhter Erregbarkeit mit dem Namen *Katelectrotonus,* den verringerter mit dem des *Anelectrotonus,* Ausdrücke, welche den bekannten Bezeichnungen (S. 26) für die Zersetzungserscheinungen durch den Strom entlehnt sind; b) nannte er die zwischen den Electroden stattfindende Erregbarbeitsveränderung, welcher ich keine besondere Aufmerksamkeit geschenkt und daselbst nur

*) Meine Beiträge. I. Bd. p. 25.

**) Physiologie des Electrotonus.

Verringerung der Erregbarkeit bemerkt hatte, den *interpolaren Electrotonus,* von welchem Pflüger's Untersuchungen zufolge je nach der Stromstärke ein grösserer oder geringerer Theil dem *Katelectrotonus,* ein anderer, analoger dem *Anelectrotonus* angehört. c) Er zeigte und darin liegt der hauptsächlichste Fortschritt, dass die Grössen der Erregungsveränderungen durch die *Stärken* der constanten Ströme und die Entfernungen von den Electroden bedingt sind. Er wiess nach, dass der *Katelectrotonus* bei aufsteigender Stromesrichtung jenseits der negativen Electrode in nächster Nähe desselben am grössten ist und von da abnimmt, und dass er weiter von der Stromstärke in der Art sich abhängig zeigt, dass von möglichst schwachen Strömen er allmählich wächst, d. h. die Erregbarkeit zunimmt mit dem Wachsen der Stromstärke, ein Maximum erreicht und dann wieder abnimmt, um bei noch stärkern Strömen sogar sein Zeichen zu wechseln, d. h. in Verminderung der Erregbarkeit überzugehen. Man sieht, dass mir in meinen eigenen Beobachtungen nur die letzte Form unter die Hände gekommen war. Ferner bestätigte er für die genannte Stromrichtung den *Anelectrotonus* und wiess nach, dass er mit wachsender Stromstärke ohne Zeichenwechsel zunimmt und in der Nähe der Electrode gleichfalls am stärksten ausgebildet ist. Weiter bestätigte er den extrapolaren *Katelectrotonus* und *Anelectrotonus* bei absteigender Stromesrichtung und lehrte von beiden ebenwohl deren Abnahme von den Electroden aus und ihre Zunahme mit der Zunahme des intrapolaren Bezirks kennen. d) Er untersuchte die intrapolare Strecke und gelangte zu dem Ergebniss, dass der Katelectrotonus um so weniger, der Anelectrotonus also um so weiter, in die intrapolare Strecke hineinragt, je stärker der Strom ist. e) Endlich kam er noch durch Versuche und Ueberlegungen zu dem Satz, dass der Anelectrotonus, unter der Voraussetzung, dass eine gewisse Stromstärke nicht überschritten wird, die *Erregbarkeit* zwar vermindere, aber die *Fortpflanzung* des an einer anderen Stelle erregten Innervationsvorganges nicht beeinträchtige, dies also nur von einer gewissen Stromstärke an thue, wohingegen der Katelectrotonus die Erregbarkeit erhöhe und niemals, *ohne irgend eine Grenze,* die Fortpflanzung des Innervationsvorganges beeinflusse. Diesen Erfahrungen zufolge sprach er dann den Satz aus: Hineingerathen einer Nervenstrecke in den Katelectrotonus und Herausgerathen aus dem Anelectrotonus ist Reiz für den Nerven, ihre Gegensätze dagegen sind kein Reiz.

Von diesen Erfahrungen und dieser Theorie aus hat Pflüger*) einen schon aus alten Zeiten den Physiologen überkommenen Versuch,

*) Pflüger: Ueber die Ursache des Oeffnungstetanus. Müller's Archiv 1859. S. 133.

den sogenannter Ritter'schen Oeffnungs-Tetanus analysirt. Ritter beobachtete nämlich, dass, wenn Nerven längere Zeit, eine Minute und länger, von aufsteigenden Strömen durchflossen worden sind, der Oeffnung nicht eine einmalige Zuckung, sondern ein, kürzere oder längere Zeit andauernder, Tetanus folgt. Später hat man erkannt, dass dies nur bei sehr schwachen Strömen eintritt, dann aber auch bei absteigender Richtung beobachtet wird. Hält man nun daran fest, dass das Verschwinden des Anelectrotonus Reiz sei, so muss, da selbstverständlich der Oeffnungs-Tetanus nur durch das Verschwinden jenes zu Stande kommen kann, bei vorheriger aufsteigender Stromesrichtung der Tetanus beim Durchschneiden des Nerven zwischen den Electroden nicht schwinden, wohl aber, wenn vorher die absteigende Richtung angewendet worden war; denn im letzteren Fall wird die reizende, anelectrotonisirte Strecke entfernt. Die Erfahrung bestätigt dies.

9. *die besondern Einwirkungen, welchen man die Nerven unmittelbar vor der Application von Reizen aussetzt.* Es lässt sich erwarten, dass, wenn auf den Nerven irgend äussere Einwirkungen geschehen, diese gewisse, längere oder kürzere Zeit andauernde Veränderungen hervorrufen, so dass in Folge des Fortbestehens derselben zur Zeit, während welcher man den Nerven reizt, das Resultat einer solchen Reizung, je nach der noch bestehenden Art und des noch bestehenden Grades der Veränderung, sehr verschieden ausfällt. Bei der Anwendung chemischer Mittel hat man dies, wie wir bei der thermischen und chemischen Reizung der motorischen Nerven sehen werden, beobachtet. Besonders deutlich aber ist auch hier der Erfolg bei electrischen Einwirkungen. Jede electrische Einwirkung ändert nach ihrem Aufhören für eine bestimmte Zeit die Erregbarkeit des Nerven. Man nennt diese Veränderungen seit langer Zeit die *Modificationen der Erregbarkeit durch geschlossene Ketten.* Die ersten Wahrnehmungen von Erscheinungen dieser Art reichen bis in das Ende des vorigen Jahrhunderts hinauf, zu welcher Zeit sie besonders von Ritter studirt worden sind. Seit jener Zeit sind sie vielfach wieder vorgenommen worden. Da wir hier keine Geschichte der Entdeckungen im Gebiete des Nervensystems geben, so übergehen wir alle diese Bestrebungen und halten uns nur an diejenigen Kenntnisse, welche mit den besten, zur Zeit bekannten Untersuchungsmitteln erworben worden sind. Besonders nachtheilig griffen in die frühern Versuche die polarisirbaren Electroden ein. Was mit Hülfe unpolarisirbarer Electroden gewonnen worden ist, beschränkt sich der Hauptsache nach auf Folgendes: a) Als Pflüger die unter der vorigen Nummer beschriebenen Erfahrungen machte, nahm er wahr, dass nach dem Verschwinden des Anelectrotonus noch für eine bestimmte

Zeit die mit ihm behaftet gewesene Strecke im Zustande erhöhter Erregbarkeit verharrt, dass dagegen nach dem Verschwinden des Katelectrotonus die Erregbarkeit der mit diesem behaftet gewesenen Strecke für sehr kurze Zeit herabgesetzt ist, dann sich aber für längere Zeit erhöht. b) Verschieden von diesen Beobachtungen sind diejenigen, bei denen man die Erregbarkeit der gesammten interpolaren Nervenstrecke auf die Modificationen ihrer Erregbarkeit untersucht hat. Dies ist die Form der Versuche, welche die ältern Galvanisten sowohl, als auch spätere Forscher in der Regel gewählt haben. Man prüfte ein Nervenstück auf die Stärke seiner Schliessungs- und Oeffnungszuckung für eine jede Stromesrichtung, liess dann den Strom verschieden lange Zeit in einer bestimmten Richtung kreisen und untersuchte hierauf von Neuem das Verhalten der durchströmten Strecke beim Schluss und dem Oeffnen beider Stromesrichtungen. Da solche Versuche oft längere Zeit in Anspruch nehmen, ist es, um nicht die Einflüsse des Austrocknens auf die Erregbarkeit störend eingreifen zu lassen, unumgänglich nöthig, die Präparate in die sogenannte feuchte Kammer einzuschliessen. Von Versuchen dieser Art mit unpolarisirbaren Electroden sind in grösserer Ausdehnung nur solche von Rosenthal *) bekannt geworden. Dieser stellt den allgemeinen Satz auf: Jeder constante Strom, welcher ein Stück von einem Nerven eine Zeit lang durchzieht, versetzt diesen Theil in einen Zustand, in welchem die Oeffnung dieses und der Schluss des entgegengesetzten Stromes eine heftige Bewegung ausführt; dagegen sind die Schliessung des ersteren und die Oeffnung des letzteren entweder unwirksam oder haben einen hemmenden Einfluss auf eine vorhandene Bewegung **). Je nach der Stärke und Dauer des Stromes aber sind die Erscheinungen von einander verschieden, obschon sie allerdings unter dem eben mitgetheilten Satze zusammenfassbar sind.

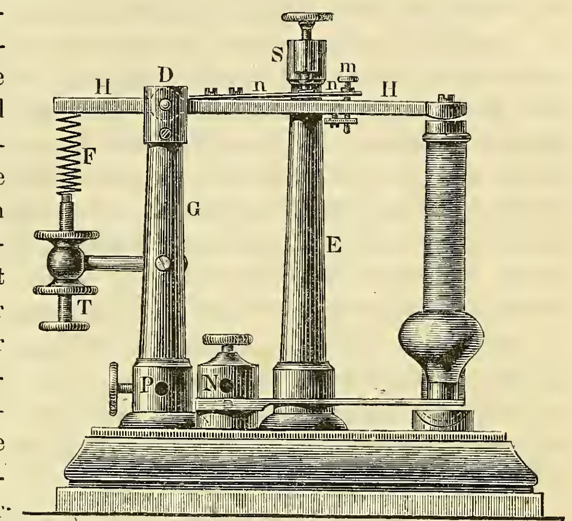
Für viele physiologische Zwecke ist es wichtig, in einem Muskel eine Reihe dicht gedrängter Zuckungen, Tetanus, auszulösen. Man bedient sich dabei, wenn nicht ganz besondere Verhältnisse es verbieten, am zweckmässigsten der electrischen Reizung. Je nach den besonderen Umständen wendet man die folgenden Methoden an: Handelt es sich darum, innerhalb einer gewissen Zeit nur eine mässige Anzahl von Zuckungen auszulösen, um etwa durch allmähliche Vermehrung derselben die Verschmelzung der einzelnen Zuckungen zum Tetanus zu ver-

---

*) Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift für rationelle Medicin. Dritte Reihe. Bd. IV. 1858. S. 117.

**) Der letztere Zusatz ist gemacht, um auch die Fälle des Ritter'schen Oeffnungs-Tetanus mit unter dies Gesetz zu begreifen.

anschaulichen, so bedient man sich dazu zweckmässig des Halske'schen *) Stromunterbrechers. Derselbe ist in der folgenden Fig. im Aufriss dargestellt und arbeitet folgendermassen: H H ist ein Hebel, der sich bei D um eine horizontale Axe dreht und von der Stütze G getragen wird. Durch eine Spiralfeder F, die durch die Schraube T verschieden stark angespannt werden kann, wird der Hebelarm H D herunter und der D H hinaufgezogen. Bei dieser Stellung berührt der letztere die von der Stütze E getragene Schraube S. Verbindet man nun P und N mit den Polen eines Volta'schen Elementes und lässt S mit dem einen Ende der primären Rolle eines Inductionsapparates in Verbindung sein, dessen anderes zu dem Drahte führt, welcher einen Hufeisenmagnet umwickelt, von dem man im Aufriss nur den einen Schenkel sieht, so nimmt der Strom der Kette folgenden Lauf: Von D über S nach der primären Rolle des Inductionsapparates, den das Hufeisen umwickelnden Draht nach N und zur Kette zurück. Auf dem Hebelarm D H ist noch eine kleine Feder n n angebracht, welche beim Aufsteigen ihres vorderen Endes an den Rand der Schraube m stösst. Diese hat den Zweck, die Zeit des Oeffnens und Schliessens der primären Kette zu verlängern. Denn wenn der Arm D H anfängt herunterzugehen, wird die Kette nicht sofort unterbrochen, sondern der Kettenschluss noch so lange unterhalten, bis die jetzt aufwärts gehende Feder n n an den Rand der Schraube m stösst; geht dagegen D H aufwärts, so findet schon Kettenschluss statt, während die Feder vom Rande der Schraube m bis auf den Hebelarm heruntergedrückt ist. Der für die Nervenphysiologie wichtige Punkt dieser Einrichtung besteht also darin, dass die Oeffnung der Kette nicht in dem Augenblick stattfindet, wenn die Hauptfeder ihre abwärts gehende Bewegung antritt, sondern später und wenn sie ihre aufwärtsgehende beginnt, der Schluss früher geschieht, als sie an dem Ende ihrer



*) Poggendorff's Annalen Bd. XCVII. pag. 641.

Schwingungsweite ankommt. Die beiden der Oeffnung und Schliessung entsprechenden Inductionsströme folgen daher schneller aufeinander, als die, welche der Schliessung und Oeffnung folgen, zwischen welche beiden ein beträchtlicher, stromloser Zwischenraum fällt. Den Zeitraum zwischen sämmtlichen, aufeinander folgenden Strömen kann man aber auch noch länger machen, als in dem S. 40 beschriebenen Inductionsapparat, indem man die Hauptfeder mittelst der Spirale F ganz schwach spannt und den Contactstift S möglichst hebt. Dann folgen die Inductionsstösse so langsam aufeinander, dass man die einzelnen Zuckungen noch von einander unterscheiden kann. Spannt man die Spirale F an und senkt man den Contactstift, so nimmt die Zahl der Zuckungen zu und es verfliessen letztere früher oder später zu einem Tetanus.

Setzt man sich nur zum Zwecke, Tetanus des Muskels zu erregen, so wendet man einfach den einen oder den anderen der beiden oben beschriebenen Inductionsapparate an, wobei man sich nur erinnern muss, dass von den beschriebenen Formen der eine Wechselströme, der andere gleichgerichtete liefert.

Beabsichtigt man endlich, die hohe Empfindlichkeit des Nerv-Muskelpräparates gleichzeitig zum Nachweis der Existenz sehr schwacher, inducirter Ströme zu benutzen, so knüpft sich vorerst das eigentliche Interesse an die physikalische Vorrichtung an, welche die Inductionsströme liefern soll. Einen artigen, hierher gehörigen Versuch hat Grossmann *) beschrieben, welcher bisweilen kurz als *acustischer Tetanus* bezeichnet wird. Ein gut magnetischer Stahlstab wird in seiner Mitte in eine Zwinge eingeklemmt und auf einem Tische befestigt. Ueber das eine Ende wird eine Rolle mit hinlänglich weiter Oeffnung und einigen tausend Windungen eines sehr feinen Drahtes gesteckt, dessen Enden zu Platinblechen führen, über welche man den Nerven des stromprüfenden Froschschenkels brückt. Die andere Hälfte des Stabes wird mit einem Violinbogen angestrichen. Dann entsteht ein Ton, dessen Höhe durch die Anzahl der Schwingungen bestimmt wird, welche eine Stabeshälfte macht. Die in der Rolle schwingende Stababtheilung erzeugt in derselben inducirte Ströme und diese erzeugen, die Nerven durchsetzend, Tetanus des Muskels. — Man kann die Frage aufwerfen, ob die Erzeugung des Tetanus eine Grenze finde mit der zunehmenden Zahl der Inductionsströme, welche den Nerven in der Zeiteinheit durchziehen. Wir besitzen allerdings bereits Antworten auf dieselbe, aber wegen der

---

*) Amtlicher Bericht über die 52. Versammlung der deutschen Naturforscher und Aerzte zu Wien. Wien 1858. S. 221.

Wichtigkeit der Folgerungen, die unter Umständen aus denselben zu ziehen sind, verdient dieser Gegenstand noch eine ausführliche Untersuchung. Die bisher gemachten Wahrnehmungen sind folgende: Du Bois-Reymond fand in einem Fall schon Ausbleiben des Tetanus bei 490 Unterbrechungen (in der Secunde) des primären Stromes. Heidenhain *) hat dann weiter gefunden, dass das Ausbleiben des Tetanus bei hohen Unterbrechungszahlen eine Function der Stromesstärke ist. So sah er bei schwächern Strömen den Tetanus schon bei ohngefähr 400 Unterbrechungen verschwinden, während bei stärkern Strömen er beiläufig bei 2800 derselben noch fortbestand. Harless **) fand ihn erst bei 10000 Unterbrechungen aufhören, ohne nähere Angaben über die Stromstärke zu machen. Grossmann sah ihn bei den vorher erwähnten Versuchen verschwinden, sobald sich bei den Schwingungen des Magnetstabes Knotenpunkte bildeten, erkennbar an der schrillenden Erhöhung des Tones. Der Werth aller dieser Untersuchungen scheint jedoch an die Untersuchung einer physikalischen Vorfrage geknüpft zu sein. Es ist nämlich, bevor das erwähnte Verschwinden des Tetanus auf eine Eigenschaft des Nerv-Muskelpräparates mit Sicherheit bezogen werden kann, zu ermitteln, in welcher Abhängigkeit die Beschaffenheit der Inductionsströme von der *Schnelligkeit* der Unterbrechung steht. So hat nicht allein Grossmann entwickelt, dass in seinen Versuchen beim Ausbleiben des Tetanus die Inductionsströme schwächer wurden, sondern es haben auch besondere, von Thalén ***) mit Voltainduction angestellte Versuche bereits das allgemeine, obschon allerdings nur rein qualitative Resultat ergeben, dass die Dauer der Inductionsströme mit der Schnelligkeit der Unterbrechung abnimmt.

An die gegebene Darstellung des Gesetzes der electrischen Reizung schliessen wir jetzt noch die ausführliche Betrachtung einiger eigenthümlicher Reizungsphänomene an, welche theils ein gewisses theoretisches, theils ein bei manchen neurologischen Untersuchungen nicht unwichtiges, practisches Interesse bieten; wir meinen nämlich die *unipolaren Inductionszuckungen* und die *secundäre Zuckung* vom *Nerven* aus.

Die unipolaren Inductionszuckungen. In der Einleitung dieses Buches war davon die Rede, dass, damit die Stromschwankungen einer Kette

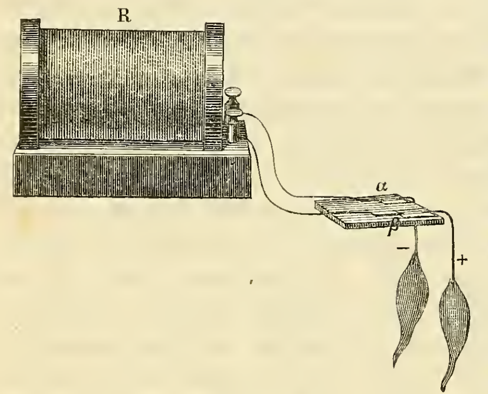
---

*) Heidenhain: Studien des physiologischen Instituts in Breslau. 1. Heft. 1861. S. 64.

**) Harless: Gelehrte Anzeigen der k. baierischen Academie der Wissenschaften. 10. Juli 1857. Nr. 5. S. 47.

***) Thalén: Versuch, die verschiedene Dauer der Inductionsströme zu bestimmen. Poggendorff's Annalen Bd. CXII. S. 125.

oder das Entstehen und Verschwinden von Magnetismus in Drahtspiralen electrische Vertheilungen erregen, die letzteren nicht geschlossen zu sein brauchen. Es entstehen, wenn alle die übrigen Bedingungen der Induction gegeben sind, an den Enden offner Inductionsspiralen electrische Spannungen. Durch diese können unter sogleich zu erörternden Umständen Zuckungen in rheoscopischen Froschschenkeln erzeugt werden; sie sind es, welche man mit dem Namen der *unipolaren Inductionszuckungen* belegt hat. Man beobachtet dieselben auf folgende Weise: Lässt man die Enden des secundären Kreises in Platinbleche endigen und verknüpft mit einem jeden derselben Nerv-Muskelpräparate, etwa so, wie es die beistehende Figur darstellt, so erhält man, nachdem der Inductionskreis mit den genannten Präparaten sorgfältig isolirt worden ist, bei gehöriger Stärke der Vorrichtungen, während des Schliessens und Oeffnens der primären Kette Zuckungen in den genannten Präparaten, wenn eins derselben ableitend berührt wird. Unter Umständen, nämlich dann, wenn die Erregbarkeit derselben bereits gesunken ist, kann das eine oder andere in Ruhe bleiben. Die Zuckung fällt im Allgemeinen stärker an dem unmittelbar berührten Muskel aus. Besser ist's jedoch, jedesmal nur eines der Platinbleche mit einem Präparate zu verknüpfen, auch anstatt eines einfachen Nerv-Muskelpräparates einen ganzen rheoscopischen Froschschenkel anzuwenden. Die Aufmerksamkeit des Beobachters ist dann nicht getheilt und die Zuckungen sind auffallender. Wird der Nerv des Präparates an irgend einer Stelle unterbunden, oder durchschnitten und die Enden wieder sorgfältig aneinander gefügt, so bleiben die Erscheinungen so lange dieselben, als Unterbinden und Durchschneiden nicht allzunahe an der Eintrittsstelle des Nerven in den Muskel geschicht. Ein unterbundener oder getheilter Nerv kann also scheinbar noch den Innervationsvorgang fortpflanzen. Verbindet man statt des Nerven die Sehne mit einem der Platinbleche, so erhält man für gewöhnlich nur noch Zuckungen, wenn der Nerv, nicht aber, wenn das andere Ende des Inductionskreises berührt wird; und es erfordert eine ganz besondere Stärke der Vorrichtungen, um sie auch im letztern Falle auftreten zu sehen. Wird die Kette des primären Kreises fortwährend



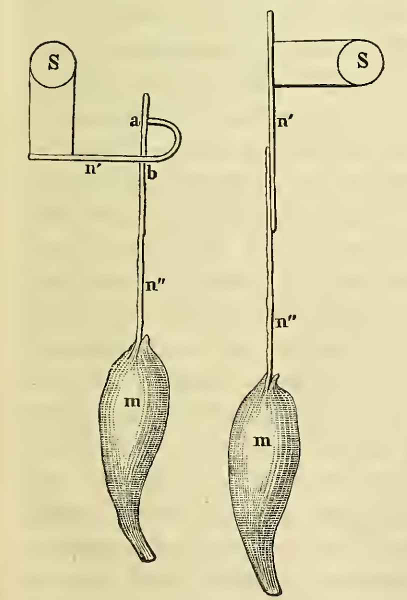
geschlossen und geöffnet, so entsteht natürlich bei irgend einer Art der Ableitung Tetanus. Zur Darstellung dieser einzelnen Erscheinungen lässt sich mit Vortheil der S 40 beschriebene Inductionsapparat benutzen; nur muss man für die Beobachtung der *einzelnen* Zuckungen der Feder eine feste Stellung geben, in welcher sie den inducirenden Kreis für immer schliesst. Ein Theil dieser Thatsachen kann auch ohne Zuhilfenahme zweier Drahtrollen beobachtet werden. Man schalte nämlich zu diesem Zwecke in den Kreis einer guten Kette eine Drahtrolle mit sehr vielen Windungen, z. B. die secundäre Rolle des zu den vorigen Versuchen benutzten Apparates und ausserdem einen Quecksilbernapf zum Oeffnen und Schliessen ein. Mit letzterem verbinde man metallisch ein nach Aussen hervorragendes Platinblech. Verknüpft man mit diesem den Nerven, so wird beim Schliessen und Oeffnen der Kette der Muskel nicht zucken. Wird derselbe aber beim *Oeffnen* der Kette ableitend berührt, so tritt Zuckung ein, ebenso, wenn der Muskel aufliegt und der Nerv berührt wird, beide fehlen aber bei dieser Anordnung, wenn man das Ende des Kreises ableitend berührt, mit dem man die Oeffnung ausführt. Es versteht sich von selbst, dass auch hier in allen Fällen der ganze Kreis und das Präparat sorgfältig isolirt sein müssen. Die Erklärung all dieser Erscheinungen ist folgende: In dem Augenblick, wo die Kette des primären Kreises geschlossen oder geöffnet wird, stellt der nicht geschlossene Inductionskreis eine offene Säule vor und die *Ableitung* der an den Enden befindlichen *freien* Electricität bewirkt die Zuckungen. Es stelle, um den Hergang im Einzelnen einzusehen, die Rolle R einen offenen Inductionskreis dar, mit dessen Enden Nerv-Muskelpräparate verknüpft sind. Die Anordnung sei z. B. so, dass während einer beliebigen Schwankung des Stromes der primären Kette das Ende β mit freier positiver, das α mit freier negativer Electricität versehen sei. Wird jetzt das mit β verbundene Präparat ableitend berührt, so wird sein Nerv von positiver Electricität abwärts durchflossen, und der Muskel zuckt. Da die Ableitung durch den ganzen Kreis, d. h. bis zum andern Muskel geschieht, so wird der Nerv des letztern gleichfalls von positiver Electricität, aber aufsteigend durchströmt. Der mit α verbundene Muskel muss daher auch zucken; weil aber der Nerv nur von der positiven Electricität seines Muskels durchströmt wird, fällt die Zuckung schwächer aus. Da im Augenblick der Ableitung, ähnlich wie bei der offnen galvanischen Säule, am abgeleiteten Pole die Spannung Null, am anderen doppelt so gross als vorher sein muss, so entsteht die Frage, was aus dieser werde. Ob diese der positiven folge, oder irgend ein anderes Schicksal hat, bedarf noch der Aufklärung, welche aber weniger auf physiologischem, als rein physikalischem Wege herbeizuführen sein wird.

Die letzte der oben angeführten Erscheinungen erklärt sich einfach dadurch, dass hierbei die der Bildung des Extrastromes beim Oeffnen der Kette entsprechende freie Spannungselectricität durch das Präparat abgeleitet wird. Es ist nicht überflüssig, die Bemerkung hinzuzufügen, dass die unipolaren Inductionszuckungen, welche der Schliessung und Oeffnung der primären Kette folgen, nicht so ohne Weiteres gleich stark ausfallen. Dies ergiebt sich unmittelbar aus den Eigenschaften beider Inductionsströme. Man sieht diesen gemäss ein, dass die der Schliessung der primären Kette entsprechenden unipolaren Ableitungszuckungen schwächer ausfallen müssen, als die der Oeffnung zukommenden, ja dass sogar unter Umständen die ersteren *fehlen* können. Letzteres wird unter übrigens gleichen Umständen mit um so grösserer Wahrscheinlichkeit eintreten, eine je grössere Anzahl von Windungen die primäre Rolle enthält, weil mit der letzteren die Ausbildung des den zeitlichen Verlauf des Schliessungsinductionsstroms hemmenden Extracourant wächst und damit die für die Zuckung so wichtige Steilheit der Abgleichungscurve immer merkbarer abnimmt.

Die besprochenen Erscheinungen modificiren sich nur wenig, wenn man die Versuche an durch einen schlechten Leiter, d. h. *unvollkommen geschlossenen,* Inductionsspiralen wiederholt. Behalten wir die früher erwähnte Inductionsrolle bei, schliessen zwischen den Platinblechen durch einen feuchten Faden und lassen diesen den Nerven an irgend einer Stelle senkrecht schneiden. Man erhält in allen Fällen Zuckungen, weil wegen der schlechten Leitungsfähigkeit des Fadens noch ein hinlänglich grosser Theil des Stromes den Nerven durchsetzt. Unterbindet man aber diesen, so erhält man nur noch Zuckungen, wenn jener oder auch der Inductionskreis passend ableitend berührt wird, zugleich der Nerv aber nicht mehr die Länge des Fadens halbirt. Dies kommt daher, dass auch an der so geschlossenen Kette freie Electricität von hoher Spannung vorhanden ist, welche bei Ableitung des Muskels ihren Weg abwärts, bei Ableitung des Inductionskreises aufwärts durch den Nerven nimmt. Diese Erscheinungen an unvollkommen geschlossenen Inductionskreisen bilden für feinere neurologische Untersuchungen immer einen wohl zu beachtenden Umstand, wie folgendes Beispiel zeigt. Gesetzt, man habe zwischen die Drahtenden der Inductionsrolle einen Nervenstamm aufgenommen, welcher noch mit einem ganzen Glied zusammenhängt, in der Absicht, durch Reizung desselben die Muskeln kennen zu lernen, welche er an jenem versorgt. Dann bildet das eingeschaltete Nervenstück selbst jenen schlechten, in den vorigen Versuchen durch einen feuchten Faden ersetzten Leiter, und wenn man dann das Glied oder die Inductionsrolle an einer günstigen Stelle ablei-

tend berührt, so wird Electricität das *ganze* Glied durchfliessen und es werden mithin nicht allein diejenigen Muskeln zucken, deren Nervenfasern durch die Inductionsströme direct gereizt werden, sondern auch noch alle diejenigen, durch welche, oder durch deren Nerven sich zufällig jene abgeleitete Electricität noch in hinlänglicher Dichte bewegte. Es folgt hieraus für alle diejenigen Versuche, bei denen unipolare Ableitungen das Resultat trüben können, *sowohl das Präparat, als auch die ganze secundäre Strombahn sorgfältig zu isoliren*, eine Regel, welche früher leider sehr wenig beachtet wurde.

Die secundäre Zuckung vom Nerven aus, paradoxe Zuckung. Der Zusatz, vom Nerven aus, deutet an, dass man diese Art der Zuckung von einer andern, nämlich der vom Muskel aus, zu unterscheiden habe. Beide beruhen auch in der That auf zwei wesentlich von einander verschiedenen Vorgängen. Während nämlich, wie die Physiologie des Muskels lehrt, die secundäre Zuckung vom Muskel aus dadurch zu Stande kommt, dass der Nerv des secundär in Zuckungen verfallenden Muskels von dem in seiner Intensität fortwährend *schwankenden Strom des primär erregten Muskels während des Tetanus desselben* durchflossen wird, so kommt die secundäre Zuckung vom Nerven aus durch die Ströme des *Electrotonus* zu Stande. Machen wir uns indess vorerst mit den Thatsachen selbst bekannt. Es sei a b n′ der beistehenden Figur ein Stück des Nervus ischiadicus, a n″ der eines Nerv-Muskelpräparates und zwar letzterer, wie die Figur zeigt, an jenen so angelegt, dass er einen Punkt des Längenschnittes und einen solchen des Querschnittes berührt. Hierauf werde ein Stück von dem Nerven a b n′ in eine Kette S genommen; beim Schliessen und Oeffnen derselben zuckt der Muskel m. Dasselbe wird beobachtet, wenn der unmittelbar zu erregende Nerv n′ dem secundär zu erregenden nur eine Strecke entlang liegt. Es ist ganz gleichgiltig, ob das unmittelbar erregte Nervenstück einem sensibeln oder motorischen Nerven angehört. Unterbindet oder durchschneidet man den unmittelbar erregten Nerven in beiden Anordnungen beistehender Figur vor der vordern Electrode, so bleiben die Zuckungen aus. Der vorher beschriebene Versuch ist offenbar



identisch mit dem folgenden. Der Nervus ischiadicus des Frosches theilt sich am Oberschenkel in die rr. peronaeus und tibialis. Löst man nun den ganzen Stamm vom Rückenmark, präparirt ferner den durchschnittenen ramus peronaeus von unten nach oben so weit als möglich frei, so hat man ein Präparat, ähnlich dem zweiten auf S. 111, von dem es sich nur unwesentlich dadurch unterscheidet, dass die beiden aneinander liegenden Nerven von Hause aus diese Lage haben und in eine feuchte Umgebung eingebettet sind. Nimmt man jetzt das freie, centrale Ende des ramus peronaeus in die Kette, so zucken alle diejenigen Muskeln, welche vom ramus tibialis ihre Fasern erhalten Diese Form der secundären Zuckung vom Nerven aus hat man vorzugsweise *paradoxe* Zuckung genannt. Die Entstehung dieses Namens ist folgende. Man betrachtete bis zur Entdeckung dieser Erscheinungen es für jegliche Art der Nervenreizung als einen unumstösslichen Grundsatz in der Nervenphysiologie, dass, wenn ein motorischer Nerv gereizt wird, nur die Muskeln und keine anderen in Zuckung verfallen sollten, deren Fasern direct von dem Reize getroffen würden, dass also die Erregung *isolirt* in jenen verbleibe und nannte ihn *das Gesetz der isolirten Leitung.* Nun zeigt sich, dass dasselbe für die electrische Reizung nicht besteht, ja sogar das Unerwartete, dass man durch Reizung eines Nerven, dessen Bahn gar nicht einmal zu Muskeln hinführt, Zuckungen hervorrufen kann. Damit die die secundäre Zuckung betreffenden Versuche sicher gelingen, muss man die Electroden nicht allzuweit von dem ersten Berührungspunkte beider Nerven ansetzen, auch als Kette sich nicht mit einem einfachen Zink-Platinbogen (wenn gleich auch unter Anwendung eines solchen bei sehr erregbaren Präparaten die Zuckungen nicht ausbleiben) begnügen, sondern 2 bis 3 Elemente nehmen.

Wir kommen zur *Erklärung* der secundären Zuckung vom Nerven aus. Vorerst ergibt sich leicht, dass der unmittelbar erregte Nerv nicht nach Art der Induction im mittelbar erregten Nerven die Nerventhätigkeit hervorruft; denn das Einschieben der dünnsten nicht leitenden Substanz, z. B. eines Glimmerplättchens, zwischen beide Nerven verhindert das Zustandekommen der Zuckung, ein Verhalten, welches Inductionsphänomenen fremd ist. Es können daher die in Rede stehenden Erscheinungen nur dadurch zu Stande kommen, dass der mittelbar erregte Nerv direct von electrischen Strömen getroffen wird. Dies wird ferner durch die Beobachtung höchst wahrscheinlich, dass ein sehr guter Leiter, zwischen beide Nerven gebracht, die Erscheinungen ausbleiben macht, indem alsdann die etwa vorhandenen Ströme ihren Weg nicht durch den schlecht leitenden Nerven, sondern durch das viel besser leitende Metall nehmen werden. Aus der Nervenphysik wissen wir nun, dass, wenn ein Nerv auf einem Theil seiner Länge direct dem Strom einer constanten Kette

ausgesetzt wird, zwei von einander zu sondernde Vorgänge in der electrischen Beschaffenheit des Nerven geschehen, nämlich der *electrotonische Zustand* und die *negative Schwankung* des Nervenstromes. Von der letztern wissen wir ferner, dass ihre Grösse im Vergleich zum electrotonischen Zustand sehr gering ist, indem es ja ganz besonderer Vorkehrungen bedurfte, um sie nur vom Electrotonus zu sondern, ja überhaupt zu entdecken. Man findet es daher *wahrscheinlich,* dass die secundäre Zuckung ihren Ursprung dem Auftreten und Verschwinden des electrotonischen Zustandes verdanke. Da ferner die Kunstgriffe, die negative Schwankung des Nervenstromes darzulegen, darin bestanden, die den Nerven treffende Ströme so kurz als nur immer möglich andauern zu lassen; so ergiebt sich, dass nur Schliessung und Oeffnung die negative Schwankung erzeugen. Nun kann man aber auch die secundäre Zuckung auf folgende Art zeigen. Man erzeugt an einem Nervenstück Electrotonus und fügt den mittelbar zu erregenden Nerven mit seinem Muskel erst *nachher* an, also zu einer Zeit, wo die negative Schwankung des unmittelbar erregten Nerven bereits vorüber ist. Wir halten uns somit überzeugt, dass in der That *die secundäre Zuckung vom Nerven aus vom Electrotonus herrührt.* Um den Hergang mehr im Einzelnen zu verfolgen, lese man die früheren Bemerkungen über den secundär electrotonischen Zustand nach. Wie dort die vom Electrotonus des unmittelbar erregten Nerven herrührenden Strömchen den anliegenden Nerven in secundär electrotonischen Zustand versetzen, so auch hier; zugleich aber wird in dem Moment. wo sie sich herstellen, der Zuckungen erregende Vorgang erzeugt, und weil ein Muskel vorhanden ist, dieser zur Zuckung veranlasst. Man findet übrigens die genannte Ansicht über den Grund der secundären Zuckung noch in Uebereinstimmung mit folgenden drei Umständen: erstlich fällt Jedem, der nur einmal flüchtig die Erscheinungen des Electronus im Multiplicator mit der negativen Schwankung verglich, die *Schnelligkeit,* mit welcher jener der *Trägheit* dieser gegenüber hereinbricht, auf; sodann aber vermögen wir durch mechanische, chemische und thermische Reizung zwar die negative Schwankung des Nervenstromes, aber *niemals* secundäre Zuckung herzorzurufen. Nach diesen Erörterungen über das Wesen der secundären Zuckungen vom Nerven aus wird man erkennen, dass das Gesetz der isolirten Leitung, oder besser, der isolirten Fortpflanzung des Innervationsvorganges keineswegs durch die Existenz dieser Zuckungsart berührt wird, denn der erregte *Innervationsvorgang* ist es *nicht,* welcher sich von einer Nervenfaser aus auf eine andere überträgt; es führt die electrische Reizungsart nur ein für nachbarliche Nervenfasern als Reiz dienendes Verhalten des ursprünglich getroffenen Nerven mit sich.

§. 13.

Die mechanische Reizung des motorischen Nerven und der Tetanomotor.

Es ist längst bekannt, dass Durchschneiden eines Nerven oder Zerquetschung desselben seinen Muskel in Zuckung versetzen. Gegenwärtig weiss man nicht viel mehr, denn es ist niemals diese Reizungsart einer nähern Zergliederung unterworfen worfen. Augenscheinlich führt nicht jede mechanische Einwirkung Zuckung herbei, aber bis jetzt sind die zu einem positiven Erfolge nothwendigen Bedingungen nicht wissenschaftlich formulirt worden. Die Schnelligkeit der Structurzerstörung und die Anzahl der getroffenen Theilchen scheinen eine Hauptrolle dabei zu spielen. Doch ist es eine reine Unterstellung, wenn hier von der Vorstellung ausgegangen wird, dass die Structurzerstörung ein wesentliches die Zuckung bedingendes Moment sei. Sie schliesst sich nur den alltäglichen Wahrnehmungen, nach welchen es so zu sein scheint, an. Eben so wenig sind aber auch für eine andere Vorstellung, nach welcher man sich die Zuckung als die Folge der Bewegung der Nerventheilchen denkt, die gerade nicht an die Zerstörung des Nerven geknüpft ist, überzeugende Beweise beigebracht. Heidenhain *) ist zwar geneigt, an ein solches Verhalten der Nerven zu denken, doch reichen die von ihm angeführten Beobachtungen nicht aus, als Beweise zu dienen.

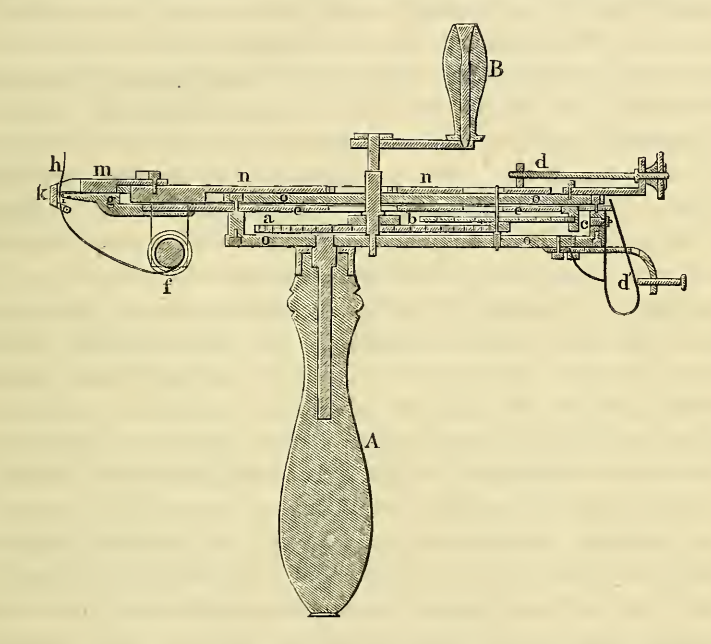
Da es für die Discussion mancher neurophysiologischen Fragen wichtig ist, die Erfolge der mechanischen Nervenreizung in Betracht zu ziehen, so hat man darauf gesonnen, diese Reizungsart dergestalt auszubilden, dass es möglich sei, durch dieselbe Tetanus des Muskels zu erhalten. Sehr vollkommen ist indess dieser sogenannte *mechanische Tetanus* nicht. Man sucht ihn mit Hilfe eines besondern Instrumentes, *des Tetanomotors,* zu erhalten. Mit der Herstellung und Ausbildung seiner Construction hat sich Heidenhain befasst. Die erste Form **), welche er diesem Instrumente ertheilte, ging aus einem Zusatz hervor, welchen er dem auf S. 105 beschriebenen Halske'schen Unterbrecher ertheilte. Er setzte nämlich mit dem Anker desselben, über den Magnet hinausragend, ein Elfenbeinhämmerchen in Verbindung, welches bei seiner schwingenden Bewegungen den auf einer Unterlage liegenden Nerven traf. Diese Einrichtung ist besonders geeignet, die Verschmelzung der einzelnen,

---

*) Heidenhain: Neue Methode, motorische Nerven auf mechanischem Wege zu tetanisiren. Dessen: Physiologische Studien. Berlin 1856. S. 132.

**) ibid. S. 434.

auf mechanischem Wege erzeugten Zuckungen zum Tetanus zu veranschaulichen, indem, wie oben auseinandergesetzt wurde, der Feder Stellungen ertheilt werden können, bei denen sie bald langsamer, bald rascher schwingt, also bald einzelne, zählbare, bald rasch sich zur Verschmelzung folgende Zuckungen erzeugt. Später hat er diese Vorrichtung durch die folgende, in der beistehenden Figur abgebildete, ersetzt.



A ist ein Griff, an welchem die ganze Vorrichtung festgehalten wird. Diese selbst besteht aus einem starken Messingrahmen o mit folgenden Theilen. Mittelst einer Kurbel B wird das Zahnrad a gedreht, welches seinerseits ein andres b in Bewegung setzt. Die Zähne des letzteren schieben einen stählernen Zapfen c in horizontaler Richtung hin und her, welchem ein daran befestigter Messingstreifen e e folgt, der an seinem vorderen Ende ein Elfenbeinstück g trägt. Letzterem gegenüber befindet sich ein anderes Elfenbeinstück k, auf welchem g den zwischen beiden an einem Faden h f hindurchgezogenen Nerven hämmert. Das Stück k findet sich bei m an das Messingstück n n befestigt, welches durch die Schraube d nach Belieben verstellt werden kann, so dass der Raum zwischen k und g je nach der Dicke des zu tetanisirenden Nerven vergrössert oder verkleinert werden kann. Die Feder d′ drückt e zurück, wenn dieser Theil durch die Zähne von b und den Zapfen c nach auswärts bewegt worden ist.

§. 14.

Die chemische Reizung des motorischen Nerven.

Was man über diese Art der Reizung weiss, ist kaum mehr als eine Anzahl einzelner, empirisch gewonnener Facta, die bis jetzt weder in einen befriedigenden Zusammenhang untereinander gebracht worden sind, noch irgend eine tiefere Einsicht in das Wesen der Nervenreizung gestattet haben. Wir beginnen die Aufzählung der Thatsachen mit dem zuerst von mir *) beobachteten Factum, dass eine einfache *Wasserentziehung* des Nerven im zugehörigen Muskel Zuckungen erregt. Man kann diesem Versuch verschiedene Formen geben. Das einfache Nerv-Muskelpräparat wird unter eine dicht schliessende Glocke über concentrirte Schwefelsäure gebracht, und zwar so, dass der Nerv recht vollkommen von der wasserdampffreien Luft umspült wird. Schon nach kurzer Zeit sieht man ein flimmerndes Spiel der Muskelbündel, welches nach und nach zunimmt und schliesslich den ganzen Muskel erfasst. Dass die Erscheinung nicht von einem Austrocknen der Muskelsubstanz herrührt, ergiebt sich daraus, dass mit dem Abschneiden des Nerven an seiner Eintrittsstelle in den Muskel alle Zuckungen erlöschen. Sollte man dennoch einige Bedenken über diesen Punkt haben, so kann man den Muskel in eine verschliessbare Röhre geben und den Nerven durch eine kleine Oeffnung im Verschluss heraushängen lassen. Mit diesem Versuche sind offenbar die Zuckungen identisch, welche man gelegentlich beobachtet, wenn der Nerv zwischen gut ausgetrocknetes Löschpapier gelegt oder an der freien Luft zu Zeiten geringer Mengen Wasserdampfes in ihr liegen gelassen wird. Man beobachtet endlich dieselbe Zuckungsform des Muskels, wenn, womit nicht gesagt sein soll, dass ihre Ursache möglicher Weise eine andere sein kann, man den Nerven in pulverisirten, gut ausgetrockneten Zucker bettet. Wegen der chemischen Indifferenz dieses Körpers liegt vorerst kein Grund vor, demselben in diesem Versuche eine andere, als wasserentziehende Wirkung zuzuschreiben. Wie wir uns die Wirkung der Wasserentziehung in all diesen Fällen zu denken haben, ist unbekannt; wir wissen nicht einmal, ob die Zuckung die *nächste* und unmittelbare Folge des Wasserverlustes ist, oder ob dieser eine tiefer eingreifendere Zersetzung der Nervensubstanz erzeugt, welche Ursache zur Zuckung wird. Hieran schliessen wir die Erfahrung, dass viele lösliche Salze der Alkalien und Erden, die sämmtlich im Einzelnen

*) Eckhard: Die chemische Reizung der motorischen Froschnerven. Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift. Neue Folge II. S. 303—328.

zu durchmustern bis jetzt die Physiologen keine Veranlassung hatten, für welche aber das Kochsalz einen sehr passenden Repräsentanten abgiebt, Zuckungsformen auslösen, die vollkommen denen analog sind, welche bei der Wasserentziehung des Nerven in den vorher beschriebenen Versuchen beobachtet werden. Man kann daher den Versuch machen, die Wirkungen der genannten Salze auf eine Wasserentziehung des Nerven durch dieselben zurückzuführen. Dies geht unter der Annahme, dass die Salzlösungen gegenüber dem Mark der Nervenprimitivröhren die dichtere Flüssigkeit eines Hydrodiffussionsapparates darstellen, in welchem das Neurilem die Scheidewand bildet. So geht der stärkere Wasserstrom vom Nervenmark zur Salzlösung und die Wasserentziehung, welche dem ersteren zu Theil wird, erzeugt, wie früher, die Zuckung. Ich sage, dass man sich die Sache so denken *kann*, und so lange nicht besondere Gründe diese Anschauung verbieten, ist sie desshalb vorzuziehen, weil sie den Zusammenhang zwischen den letztern und den zuerst beschriebenen Versuchen herstellt; ob die eindringende Salzlösung noch besondere Wirkungen für sich ausübe, kann man nicht wissen. Ausser den erwähnten Lösungen ist nun noch eine grosse Anzahl anderer bekannt, welche gleichfalls Zuckungen erregen, zumeist aber in anderer Form, nämlich so, dass nach dem Eintauchen des Nerven in dieselben einige wenige, gewöhnlich aber heftige, in der Regel den ganzen Muskel oder grössere Abtheilungen desselben umfassende Zuckungen entstehen und dann der Muskel in Ruhe bleibt, vorausgesetzt, dass nicht etwa eine neue Strecke des Nerven eingetaucht wird. Alle diese Lösungen sind nur von gewissen Concentrationsgraden aufwärts zur Auslösung von Zuckungen fähig, in solchen von geringerer Concentration sterben die Nerven, ohne Zuckungen zu erregen, nach kürzerer oder längerer Zeit ab. Selbstverständlich gilt diese Bemerkung auch für das Kochsalz und die ihm analogen Lösungen. Zwar kann man die Concentrationsgrade, bei deren Anwendung die Zuckung auftritt, durch das Experiment festzustellen suchen, allein man wird keine *allgemein* giltigen Zahlen erhalten, da der Erfolg der Reizung wesentlich von der jeweiligen Erregbarkeit des Präparates abhängt. Von den in der zuletzt erörterten Weise wirkenden Lösungen zählen wir folgende mit Angabe der Procentgehalte an wirksamen Stoffen für mittlere Erregbarkeiten auf:

Basen: Kali 0,8—1,8 $^0/_5$; Natron, nahezu wie beim Kali. In Bezug auf das kaustische *Ammoniak* bestehen Differenzen zwischen den Angaben der verschiedenen Beobachter. Es scheint mir, als wären diese wesentlich durch den Umstand erzeugt, dass man beim Eintauchen des Nerven in eine Lösung von kaustischem Ammoniak die Muskelsubstanz nicht hinlänglich vor den Wirkungen des abdunstenden Ammoniaks geschützt

habe. Am frühesten hat Alex. v. Humboldt *) mit diesem Körper gearbeitet; er behauptet, dass der Muskel beim Eintauchen des Nerven in seine Lösung zucke. Zufolge einer auf diesen Punkt gerichteten Untersuchung finde ich das Gegentheil. Wie ich, so hat es auch später Kühne **) und theilweise auch Harless ***) gefunden. Funke ****) dagegen hält mit Humboldt das Ammoniak für einen chemischen Erreger, welcher Zuckungen auslöst.

Harnstoff erregt die motorischen Nerven nur, wenn eine Lösung c. 30 % Harnstoff enthält †). Concentrirte Harnstofflösungen erweisen sich unwirksam. Ausserdem aber zeigt diese letztere noch die Eigenschaft, dass die durch Kochsalzlösungen hervorgerufenen Zuckungen sich besänftigen, sobald man den Nerven in eine concentrirte Harnstofflösung legt. Eine Erklärung dieses Verhaltens ist bis jetzt nicht gegeben worden ††). Soviel kann ich darüber sagen, dass die Ursache nicht etwa darin liegt, dass sich beim Eintauchen des mit Kochsalz behandelten Nerven in eine Harnstofflösung die bekannte Verbindung von Kochsalz und Harnstoff bilde, welche unwirksam sei; denn eine directe Prüfung jener hat mir ergeben, dass sie ein vortrefflicher Erreger für den Nerven ist. Vielleicht beruht die Erscheinnng einfach darauf, dass der eindringende Harnstoff den Nerven tödtet, so dass also das Kochsalz seine Wirkungen nicht mehr entfalten kann.

Säuren: Salzsäure 11 %, *Salpetersäure* 14 % (nach Kühne soll schon eine 5 %ige den Nerven unter günstigen Bedingungen erregen können), *Schwefelsäure* 46 %. Bei sehr erregbaren Präparaten können natürlich schon Lösungen geringerer Procentgehalte wirksam

---

*) F. A. v. Humboldt: Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser. Berlin 1797. Bd. II. S. 365 u. 366.

**) Kühne: Ueber die chemische Reizung der Muskeln und Nerven und ihre Bedeutung für die Irritabilitätsfrage. Verhandlungen der sächsischen Gesellschaft. 1864. S. 315. Das im Text angegebene Verhalten motorischer Nerven gegenüber dem Ammoniak wird *fälschlich* von den Herren Bilharz und Nasse als von Kühne *entdeckt* angegeben. Müller's Archiv. 1862. S. 75.

***) Harless: Wirkungen des Ammoniaks auf die Nervenstämme. Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift. Dritte Reihe. Bd. 12. 1861. S. 68.

****) Funke: Beitrag zur Lehre von der Muskelreizbarkeit. Verhandlungen der sächsischen Gesellschaft. 1859. S. 257.

†) Kölliker: Ueber die Vitalität der Nervenröhren. Verhandlungen der medicinisch-physikalischen Gesellschaft in Würzburg. 7. Bd. II. Heft. S. 145.

††) Richter: Ueber die Einwirkungen des Harnstoffs auf die Nerven des Frosches. Erlangen 1860.

sein. *Kleesäure* 10 %, *Weinsäure* 10 %, *Milchsäure* und *Essigsäure*, ganz concentrirt.

Metallsalze: *Schwefelsaures Eisenoxyd* 20 %, *Schwefelsaures Zinkoxyd* 20 %, *Chlorzink*, dicke, syrupöse Lösungen. *Neutrales essigsaures Bleioxyd*, gesättigt. (Bei diesen Angaben bin ich ausschliesslich Kühne gefolgt.) Es entfalten aber die Metallsalze ihre Wirkungen erst nach Minuten langem Eintauchen. Ich selbst habe bei meinen frühern Versuchen keine Zuckungen durch sie erhalten.

In dieser Uebersicht sind bei weitem nicht alle chemischen Verbindungen enthalten, welche, auf den Nerven applicirt, Zuckung auslösen. Es hat aber zur Zeit kein besonderes Interesse, weitere Angaben zusammenzustellen.

Man kann die Frage aufwerfen, ob nicht die chemischen Mittel in der Weise die Zuckung hervorrufen, dass sie die Nervensubstanz zerstören, und also gerade so, wie ein mechanischer Reiz wirken. Zwar wird man, wegen der Unvollkommenheit unserer Vorstellungen über die Art der Wirksamkeit mechanischer Reize, damit nicht wesentlich weiter kommen, wenn man jene Frage bejahte; aber es käme dadurch mehr Zusammenhang in die beobachteten Erscheinungen. Für die nur einige wenige, aber kräftige Zuckungen erzeugenden Alkalien und Säuren bleibt kaum eine andere Annahme übrig, da der Nerv nach der Zeit, in welcher die Zuckungen auftreten, auf der behandelten Strecke für andere Reizmittel unwirksam ist. Bedenklicher kann diese Annahme für die Zuckungen durch Wasserentziehung und die Salze der Alkalien etc. erscheinen, da hier ein so rasches Absterben nicht beobachtet wird. Stellt man sich indess vor, dass in diesen Versuchen gleichsam Molekül für Molekül der einzelnen Nervenfaser zerstört werde, so findet man es schon begreiflich, wie nicht allein die Zuckungen im Anfang, wo nur sehr wenige Moleküle der Zerstörung anheimfallen, sehr schwach sein müssen, sondern auch, dass die einzelne Nervenfaser sehr lange erregbar bleibt, sogar es an einem Querschnitt noch sein kann, der bereits durch theilweise Zerstörung Zuckung erregt hat.

§. 15.

Die thermische Reizung des motorischen Nerven.

Dass man durch gewisse Wärmegrade, wenn man sie auf den motorischen Nerven wirken lässt, in den Muskeln Zuckungen erregen kann, ist längst bekannt. Ein genaueres Studium jedoch des Verhaltens des Nerven gegenüber der ganzen Wärmescala ist erst in neuerer Zeit vor-

genommen worden. Ich selbst *) habe diesen Gegenstand in folgender Weise untersucht. Von einem einfachen Nerv-Muskelpräparate wurde der Nerv in destillirtes Wasser von verschiedenen Temperaturen getaucht und diejenige unter ihnen ausgemittelt, bei welcher Zuckungen in dem zugehörigen Muskel beobachtet wurden. Selbstverständlich war wegen der verschiedenen Erregbarkeit der von verschiedenen Fröchen genommenen Nerven nicht zu erwarten, dass immer bei demselben Temperaturgrade die ersten Zuckungen sich einstellten. Im Mittel fand ich als niedrigsten Temperaturgrad etwa 67—68° C. für mittlere Erregbarkeitzustände. Die Zuckungen bei dieser Temperatur dauern nur kurze Zeit und sind ziemlich heftig. Für sehr erregbare Präparate werden sich also die Zuckungen schon bei einer um wenige Grade niederen, bei solchen mit der entgegengesetzten Eigenschaft versehenen bei einer um einige Grade höhern Temperatur einstellen. Harless **) sah die Zuckungen erst bei 63° R. eintreten. Wichtig ist natürlich bei diesen Versuchen, dass die nöthigen Vorsichtsmassregeln bei der Bestimmung der Temperatur getroffen werden. In meinen Versuchen stand das Wasser, mit dessen Temperatur ich den Nerven reizen wollte, entweder in einem Wasserbade, in welchem es bis zu einer gewissen Temperatur erwärmt wurde und dann bei dem langsamen Sinken der Temperatur zu den Reizungen diente, oder ich bediente mich einer anderen, in der unten angezogenen Abhandlung erwähnten Einrichtung, welche dasselbe Zutrauen verdiente. Man darf nun hieraus nicht schliessen, dass niederere Temperaturgrade, als die erwähnten, gar keinen *Einfluss* auf den motorischen Nerven hätten. Ein solcher existirt und zeigt sich, sobald man sich merklich von der Normaltemperatur des Thieres aufwärts entfernt und zwar darin, dass die motorischen Nerven für denselben Reiz anfänglich an Erregbarkeit zunehmen ***), dann aber nach und nach weniger erregbar und, wenn man sie längere Zeit der Einwirkung der Wärme aussetzt, schliesslich ganz unerregbar werden. Dabei ist jedoch noch zu bemerken, dass, wenn der einer bestimmten Temperatur ausgesetzte Nerv noch nicht vollkommen abgestorben ist, sondern sich nur für gewisse, weniger intensive Reize erregungslos zeigt, er durch län-

---

*) Eckhard: Ueber die Einwirkung der Temperaturen des Wassers auf die motorischen Nerven des Frosches. Henle's u. Pfeuffer's Zeitschr. Bd. X. S. 165 ff.

**) Harless: Ueber den Einfluss der Temperaturen und ihrer Schwankungen auf den motorischen Nerven. Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift. 3. Reihe. Bd. VIII. 1860. S. 122.

***) Schelske: Ueber die Veränderungen der Erregbarkeit der Nerven durch die Wärme. Habilitationsschrift. Heidelberg 1860.

geres Aufbewahren in niedrigen Temperaturen sich wieder erholen, d. h. für denselben Reiz wieder erregbar werden kann. Diese letztere Thatsache ist zuerst von Rosenthal beobachtet worden. Zu diesen Beobachtungen wird von dem Letzteren *) noch die Angabe gefügt, dass, wenn man den Froschnerven auf 40—45° C. erwärme, man einen bis zu 20 Secunden andauernden Starrkrampf erhalte, welcher von 45°—70° C. ausbleibe. Afanasieff **), der sich, wie Rosenthal, des *temperirten Oeles* bediente, sah sie ebenfalls, auch hat er solche unter Anwendung ganz frischer Froschnerven, welche er sogleich erwärmte, bei 35—40° C. beobachtet, und den Tetanus bis zu einer Minute andauern sehen. Ich finde, wenn ich den Nerven in destillirtes Wasser von dieser Temperatur tauche, von dieser Erscheinung Nichts. Da die Form der bei 35—45° C. erzeugten Zuckungen eine andere ist, als die der bei c. 67° C. erzeugten, so bleibt aufzuklären, ob beide Zuckungsformen denselben tieferen Ursachen zuzuschreiben sind, obschon scheinbar es in beiden Fällen die Wärme ist. Andrerseits sind die Temperaturen von — 4—8° C. als die Grenzen zu bezeichnen, innerhalb deren sich gleichfalls Zuckungen einstellen. Erniedrigt man die Temperaturen bis zu diesen Punkten nicht, so finden Veränderungen der Erregbarkeiten statt, welche hauptsächlich von der Art, wie die Erkältung eingeleitet wird, abhängen. Bei allmählichen Abkühlungen von 15° C. bis Null nimmt die Erregbarkeit allmählich ab. Plötzliche Abkühlungen von 20°—15° auf 5° oder 0° erzeugen anfangs eine Erhöhung, später eine Abnahme der Erregbarkeit. Es liegt natürlich nahe, sich eine Vorstellung von der Art und Weise zu machen, wie durch die erwähnten Temperaturgrade der gereizte Nerv die Zuckungen auslöse. Zur Zeit, als ich die ersten Reizversuche mit Wärme anstellte, wurde ich durch den Umstand, dass der motorische Nerv in warmem Wasser um so rascher leistungsunfähig wird, je höher die Temperatur desselben ist, und dass, wenn man sich 67°—68° C. nähert, er nur noch so kurze Zeit lebendig bleibt, dass sich letztere ohne feine Hülfsmittel nicht mehr bestimmen lässt, auf die Idee geführt, dass die Wärme nur dann Zuckungen errege, wenn sie die Structur des Nerven in einem sehr kleinen Zeitmomente zu zerstören vermöge. Ihre Wirkung hielt ich der einer mechanischen gleich. Falls die von Rosenthal und Afanasieff beobachteten Zuckungsformen bei niedrigern Temperaturgraden

---

*) Rosenthal: Ueber den Einfluss hoher Temperaturgrade auf motorische Nerven. Siehe Canstatt's Jahresbericht vom Jahr 1859. S. 91. §. 47.

**) N. Afanasieff: Untersuchungen über den Einfluss der Wärme und der Kälte auf die Reizbarkeit des motorischen Froschnerven. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. 1865. S. 691.

sich nicht auf eine andere unter den Umständen der Beobachtung auftretende Ursache zurückführen lassen, muss meine Vorstellung verlassen werden.

§. 16.

Die Reizung der Sinnesnerven.

Wir hatten uns oben aus guten Gründen behufs einer Untersuchung über das Wesen des Innervationsvorganges für die Anwendung motorischer Nerven und ihrer Muskeln entschieden. Obschon bei dem Entwurf unserer Vorstellung über die Innervationsvorgänge uns wesentlich die in den letzten Paragraphen abgehandelten Erscheinungen führen sollen; so wird es doch nützlich sein, wenn wir hier auch einen Blick auf die Erregungen sensitiver Nerven werfen. Mag auch das Prüfungsorgan auf die in dieser Nervenfaserklasse erzeugten Innervationsvorgänge der objectiven Aussagen entbehren, deren wir uns beim Muskel zu erfreuen hatten; so eröffnet uns ihr Studium doch eine doppelte Aussicht. Wir finden entweder gewisse Züge der frühern Reizung auch in diesem Gebiete wieder, oder es treten uns neue Phänomene entgegen, die mit den bekannten Nichts gemein haben. Beides wird uns nützlich sein. Das erstere Ergebniss würde zu einer festeren Begründung der Anschauungen führen, welche wir aus dem früheren Beobachtungsmaterial entwickeln müssen; das andere wird uns vor Einseitigkeit schützen und zum mindesten Vorsicht in der Ausdruckweise anrathen. — Für die Sinnesnerven ist nun anzumerken: 1) *Dass für ihr Gebiet Bewegungen der Natur zu Reizen werden, welche es für die Muskelnerven nicht sind.* Das Licht, periodische Luftschwingungen, flüchtige, in der Atmosphäre vertheilte Körper, welche sämmtlich den motorischen Nerven unerregt lassen, sind für die Sinnesnerven ebenso viele Ursachen der Erregung. Wir können nun zwar nicht genau wissen, ob durch jene Bewegungen die Faserklasse, welche uns bisher beschäftigt hat, gar nicht in Erregung verfällt; wir schliessen nur auf die Abwesenheit der letzteren aus dem Fehlen der Zuckung. Möglich wäre schon, dass ihre inneren Zustände sich unter dem Einflusse der jetzigen Einwirkungen gleichfalls ändern, dass aber das Prüfungsorgan auf sie aus irgend welchen Gründen nicht antwortet. Indess ist diese Annahme unwahrscheinlich, wenigstens, wenn man sie so ganz allgemein hinstellt, da Erfahrungen vorhanden sind, welche andeuten, dass die erwähnte Eigenschaft den Sinnesnerven nur aus dem Grunde zukommt, weil an ihren peripherischen Enden Organe vorhanden sind, durch welche gerade jene Bewegungen Erregungen in den Nerven hervorrufen. Treffen jene Bewegungen den sensitiven Nerven ohne dieses Endorgan,

so kommt entweder gar keine oder eine ganz andere Empfindung zu Stande. Den Geruchssinn anlangend, so ist durch eine Entdeckung von E. H. Weber bekannt, dass, wenn man die riechende Partie der Nasenschleimhaut nur wenige Minuten mit kaltem Wasser in Berührung bringt, für eine gewisse Zeit die Geruchsnerven unfähig werden, auf die gewöhnliche Art in Erregung zu verfallen. Wenn das von einem leuchtenden Körper bestimmter Gestalt ausgehende und durch die brechenden Augenmedien zu einem Bilde formirte Licht auf die Eintrittsstelle des Sehnerven fällt, wird dadurch der N. opticus nicht zu einer Wahrnehmung dieses Bildes angefacht, während die Stellen der Retina neben der papilla optica sich in entgegengesetzter Weise verhalten. Die anatomische Untersuchung weist an dem ersten Orte nur eine Menge dicht gedrängter Nervenfäden, an den andern aber noch eigenthümliche, mit diesen in Verbindung stehende Bildungen nach. Die feinen Eindrücke, welche wechselnde Temperaturen, Hervorragungen etc. erregen, wenn sie unsere Haut treffen, gehen verloren, sobald die äussersten Enden der Tastnerven durch Brand u. dgl. zerstört werden. Ebenso verhält es sich mit den verschiedenen Nuancirungen des Geschmacks, wenn die bezüglichen Lösungen Zungentheile treffen, welche der äussersten Nervenenden entbehren. — Die auf diese Weise erregten Sinnesnerven sind im Zustande ihrer Erregung noch nicht bekannt; das will sagen, die den Erregungen entsprechenden Vorgänge im Nerven sind noch nicht objectiv dargestellt, und ebenso wenig weiss man, was bei dieser Art von Erscheinungen in den Endorganen vor sich geht. Man hat zwar für einzelne Nerven, wie z. B. den Sehnerven, den Versuch gemacht, zu prüfen, ob sich nicht bei seiner Erregung durch Licht die electrischen Eigenschaften desselben änderten, jedoch ohne befriedigenden Erfolg. Für *ein* Sinnesorgan jedoch lässt sich so ohngefähr die Wirkung der Endorgane einsehen, nämlich für das Gehör, indem die zahlreichen Zähne des Cortischen Organes als Gebilde bestimmter Form und Elasticität durch Schwingungsbewegungen ponderabler Körper in Schwingungen versetzt zu werden sich unserer Vorstellung zugänglicher zeigt, als wenn jene den Gehörnerven ohne dergleichen Apparate träfen. 2) *Dass, wenn die Stämme der Sinnesnerven allein, oder mit Einschluss ihrer Endapparate, jedoch so intensiv gereizt werden, dass die Wirkung der letzteren nicht zur Geltung kommt, so lösen Erreger der mannigfachsten Art, gerade wie bei den Muskelnerveu, stets dieselben Empfindungen aus.* Man kann diesen Satz nur an einem Theile der Empfindungsnerven bestätigen, da mehrere derselben eine solche Lage haben, dass man sie nicht hinlänglich sicher verschiedenartigen Einwirkungen aussetzen kann. Folgende Erfahrungen gehören hierher. Der Sehnerve mag stark gedrückt, oder

durchschnitten, oder von electrischen Strömen durchflossen werden, er vermittelt unter diesen verschiedenen Umständen nur Lichtempfindung. Die Hautnerven mag man brennen, oder electrischen Reizen aussetzen, oder mit Lösungen chemischer Körper betupfen, oder stark drücken, sie vermitteln stets Schmerz, obschon derselbe je nach der verschiedenen Intensität des Reizes sehr verschieden ausfallen kann. Bis jetzt fehlt es uns an jeder bewiesenen Vorstellung, wie diese Erscheinung zu Stande kommt: ob in der Weise, dass mit der Art des Erregers jedesmal auch der Innervationsvorgang wechselt, und nur unter der Wirkung des Centralorgans die Empfindung stets in derselben Art ausfällt, oder ob alle diese Erreger denselben Process im Nerven anregen, welcher an einem Centralorgane bestimmter Function selbstverständlich auch dieselbe Empfindung erzeugt. Indess ist das letztere wahrscheinlicher. Wir glauben dies desshalb, weil man an sensitiven Nervenstämmen mit Hilfe der verschiedenartigsten Erregungsmittel stets die negative Schwankung erzeugen kann, wobei freilich unterstellt wird, dass die letztere Erscheinung ein untrügliches Kennzeichen für die Existenz von Innervationsvorgängen der Art sei, dass, wo sie in derselben Weise beobachtet werde, keine Verschiedenheit in den Innervationsvorgängen vorkomme. Diese Voraussetzung ist freilich nicht bewiesen, wir kommen im folgenden Paragraphen auf sie zurück. Ausserdem aber spricht für die zweite Annahme der Umstand, dass die jedem Sinnesnerven zukommende specifische Sinnesempfindung nur durch Vermittlung seiner Endapparate zu Stande kommt, was andeutet, dass der *Stamm* der Sinnesnerven äusseren Reizen gegenüber sich sehr gleichmässig verhalte. Da dies Verhalten nun erfahrungsgemäss nicht in Unthätigkeit gegenüber äusseren Reizen besteht, so kann es wohl nicht gut ein anderes sein, als auf Reize stets in derselben Weise in Erregung zu verfallen. 3) *Dass sich bei den Sinnesnerven den motorischen Nerven ähnliche, aber auch von denselben verschiedene Erscheinungen bezüglich der electrischen Reizung zeigen.* Die fundamentalste Verschiedenheit liegt in dem Umstande, dass, während der Muskelnerv im Allgemeinen nur auf Stromesschwankungen antwortet, der Sinnesnerv dies auch noch auf die Constanz des Stromes thut. Die Erfahrungen auf diesem Gebiete sind alt. Volta, Ritter, Humboldt und viele Andere haben solche schon am Ende des vorigen Jahrhunderts gemacht; der letztere hat aus ihnen und damals lediglich aus denselben, sogar den Schluss gezogen, dass der Strom über den Schluss der Kette hinaus daure. Die Aehnlichkeiten beider Fasergruppen bestehen darin, dass einmal, wie schon erwähnt, beide die Dichtigkeitsänderungen des Stromes anzeigen, dass sodann ferner die Stromesrichtung gleichfalls die Natur der Empfindung ebenso, wie die Stärke der Zuckung

mitbestimmt, und dass endlich auch bei den Sinnesnerven Modificationen der Erregbarkeit vorkommen. Folgendes ist in den angedeuteten Beziehungen über die einzelnen Sinnesnerven bekannt: a) Schliesst man eine Säule durch das Auge, entweder in der Art, dass man an je ein Auge einen Pol, oder einen Pol an ein Auge und den anderen an den Nacken oder eine andere Stelle des Kopfes anlegt, so hat man bei schwächern Strömen beim Schliessen und Oeffnen eine Farbenempfindung, während des Geschlossenseins nichts Merkliches der Art; setzt man stärkere Ströme in Anwendung, so treten auch während der letzteren Zeit Gesichtsempfindungen auf, und ihre Lebhaftigkeit nimmt mit der Dichtigkeit des Stromes zu. Pfaff, Ritter, Purkinje *), Brunner **) und Andere stimmen darin überein. Bei aufsteigender Stromesrichtung tritt mit dem Schluss der Kette *blau* auf (von den accessorischen Erscheinungen: Aenderungen der Pupillenweite, der Function des Accommodationsapparates sehen wir dabei ab); bei hinlänglicher Dichtigkeit des Stromes bleibt dieser Farbenton während des Geschlossenseins und beim Oeffnen tritt blitzartig *roth* auf. Bei absteigender Richtung kehren sich die beiden eben genannten Farben um. Hierin stimmen die neuern Versuche Brunner's mit den ältern Ritter's überein. Ueber die Modificationen dieser Farbenwahrnehmungen durch geschlossene Ketten lauten nur die Angaben von Ritter sehr bestimmt. Er giebt an, bei in den Sehnerven auftretenden Strömen von 100 und mehr Lagen das Blau in Roth übergehen gesehen zu haben, und dass beim Oeffnen nicht wie früher roth, sondern blau auftrat. Einen ähnlichen Farbenwechsel beobachtete er bei absteigender Richtung. Brunner, welcher sich vielleicht nicht hinlänglich dichter Ströme bediente, hat diese Modificationen nicht gesehen. b) Was den Geschmack anlangt, so ist es leicht, durch eigne Beobachtung sich davon zu überzeugen, dass er, entsprechend der Regel, welcher alle Sinnesnerven unterworfen sind, die Constanz und Dichtigkeitsänderungen des Stromes beantwortet. Man thut bei diesen Versuchen am besten, stets nur einen Pol an die Zunge und den andern an eine andere Stelle des Körpers anzulegen, da man beim gleichzeitigen Anlegen beider Pole an die Zunge in der klaren Auffassung der dann entstehenden beiden Ge-

---

*) Wer sich mit der älteren hierher gehörigen Literatur bekannt machen will, lese nach: du Bois-Reymond, Untersuchungen etc. I, 283, 343 etc., wo sich die die electrischen Empfindungen betreffenden Angaben bis zum Jahre 1848 zusammengestellt finden. Später erschienene Arbeiten werde ich besonders citiren.

**) Brunner: Ein Beitrag zur electrischen Reizung des Nervus-Opticus. Leipzig 1853.

schmacksempfindungen gehindert ist. Den Pol lässt man entweder in ein Platinblech oder noch besser in ein Scheibchen von feuchtem Modellierthon, ähnlich der S. 88 beschriebenen Vorrichtung, endigen. Dabei erfährt man, dass bei dem Anlegen des positiven Poles an die Zunge während des Schlusses der Kette ein saurer Geschmack auftritt, welcher über den Schluss der Kette hinaus andauert, dass dagegen beim Anlegen des negativen Poles eine Geschmacksempfindung entsteht, welche nicht scharf definirbar ist, wesshalb frühere Beobachter dieselbe auch sehr verschieden, bald als alkalisch, bald als salzig, bezeichneten. Beim Oeffnen der Kette ist eine Umkehr der der Schliessung entsprechenden Geschmacksempfindung mit Sicherheit nicht zu beobachten, sie wird aber von älteren Forschern als existirend angegeben. Der allbekannte Streit darüber, ob die während des Geschlossenseins der Kette entstehende Geschmacksempfindung die directe Folge electrischer Erregung sei, oder den ausgeschiedenen Zersetzungsproducten zugeschrieben werden müsse, erledigt sich zu Gunsten der ersteren Meinung neben anderen Gründen *) durch die Erfahrung, dass durch *Stromesschwankungen deutlichere* Geschmacksempfindungen erzeugt werden, als durch die Constanz des Stromes; also durch einen Umstand, welcher mit der Menge der ausgeschiedenen Zersetzungsproducte in gar keinem Zusammenhang steht. Zur Darstellung des electrischen Geschmacks darf man nur Ketten weniger Glieder, etwa 2—3 Daniell'sche Elemente, nehmen, da eine grössere Anzahl derselben Schmerz bewirkt. Modificationen der Erregbarkeit durch den Strom sind an diesem Nerven bisher nicht zweifellos festgestellt. Ritter giebt zwar an, solche beobachtet zu haben, doch muss man in der Annahme dieser Versicherung vorsichtig sein, da dieser Forscher seine Versuche zu einer Zeit angestellt hat, in welcher die schärferen Methoden der Gegenwart häufig durch voreilige Uebertragung von Thatsachen verwandter Gebiete und ungezügelte Einbildungskraft ersetzt wurden. Dieser Punkt bedarf daher einer erneuten Untersuchung. c) Das Gefühl betreffend, so reiht sich dies in den fraglichen Beziehungen den beiden vorigen Empfindungen an. Die Hautnerven sind neben den Geschmacksnerven besonders geeignet, die Erregungen der Sinnesnerven durch einen Strom constanter Dichte zu demonstriren. Wegen der geringen Leitungsfähigkeit der trocknen Haut muss man entweder stärkere Säulen anwenden, oder beim Gebrauch von Strömen geringerer Stärke durch Anlegung von kleinen Hautwunden die Leitungsgüte erhöhen, so dass hier die Nerven von einer grösseren Stromdichte durchzogen werden.

---

*) Rosenthal: Ueber den electrischen Geschmack. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. 1860. p. 217.

Die letztere Methode ist vorzuziehen, da auf diese Weise nicht allein die Empfindungen auf enge Stellen beschränkt und in Folge davon leichter auffassbar sind, sondern auch die störenden Muskelzuckungen der Glieder wegfallen, die bei der Anwendung von stärkern Ketten nie fehlen. Ausser der erwähnten allgemeinen Thatsache, die für alle Sinnesnerven gilt, steht für die Hautnerven weiter fest, dass die Schmerzempfindung beim Schluss eines absteigenden und der Oeffnung eines aufsteigenden Stromes mittlerer Stärke stets an dem Punkte lebhafter ist, wo der positive Strom *austritt.* Ob dies für Ströme beliebiger Stärken oder nur für die angegebenen gilt, ist noch nicht hinreichend ermittelt. Uebrigens liegen in der Literatur Zeugnisse, namentlich von Ritter vor, dass mit wachsenden Stromstärken ein Wechsel der Erscheinungen vorkomme. Ebenso sind endlich für die Gefühlsnerven Modificationen der Erregbarkeit durch geschlossene Ketten bekannt. Aus älterer Zeit bringt Ritter, aus neuerer Rosenthal *) Zeugnisse dafür bei, welche dahin lauten, dass jeder Strom, wenn er längere Zeit einen Empfindungsnerven durchfliesst, diesen in einen solchen Zustand versetzt, dass die Oeffnung der angewendeten Stromesrichtung und die Schliessung der entgegengesetzten stärkere Empfindungen auslösen, als die Schliessung des ersteren und Oeffnung des letzteren. d) Was die electrischen Erregungen des Geruchs- und Gehörnerven anlangt, so hat die Neuzeit sich mit ihnen weniger beschäftigt; hauptsächlich aus dem Grunde, dass eine einigermassen isolirte, rein electrische Erregung dieser Sinnesnerven nicht thunlich ist. Die Gefahr, dass sich mit den zu gewärtigenden ächten Empfindungen andere, durch den Strom erzeugte mischen, wie etwa: entstehende Muskelgeräusche, oder direct durch den Strom bewirkte Erschütterungen in den festen Theilen des Kopfes, die stechenden Empfindungen in der Nase in Folge des gereizten Trigemeninus, die mögliche Erzeugung von Ozon und der durch dasselbe bewirkten Geruchsempfindung, hat von der weiteren Untersuchung der electrischen Geruchs- und Gehörsempfindungen vorerst abgehalten. Es sind uns ältere Angaben über diese beiden Sinnesnerven bekannt; wir können dieselben aber, da sie nicht frei von mancherlei Einwürfen sind, hier übergehen. Hiermit schliesst sich die Lehre von der Reizung der Nerven ab. Wir wollen aber an sie noch die Besprechung eines allgemeinen, wichtigen Punktes der Nervenphysiologie knüpfen, zu dessen Discussion die bisherigen Erfahrungen ein wichtiges Moment bilden, ich meine die Frage über die *Richtungen,* nach welchen hin in einer Nervenfaser der erregte Innervationsvorgang fortgepflanzt wird.

---

*) Rosenthal: Ueber die Modificationen der Erregbarkeit durch geschlossene Ketten etc. Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift. Dritte Reihe. Bd. IV. 1858. S. 117.

§. 17.

Ueber die Richtungen, nach denen der Innervationsvorgang fortgepflanzt wird.

Die einfache Thatsache, dass ein zu einem Muskel gehender Nerv, wenn er gereizt wird, nur Zuckung erregt, aber keine Empfindung auslöst und umgekehrt, wenn es sich um einen sensibeln Nerven handelt, hat zur Unterscheidung der Nerven in *centrifugal* und *centripetal* leitende Veranlassung gegeben. So lange hiermit weiter Nichts, als das eben angegebene Factum kurz bezeichnet werden soll, ist Nichts dagegen einzuwenden; wenn aber zugleich damit ausgesprochen werden soll, dass der dabei im Nerven stattfindende Vorgang nur nach der Seite des Prüfungsorganes, also das eine mal nach dem Muskel, das andere mal nach dem Nerv hin, erregt werde, so bedarf jener Satz, *bekannt als die Lehre von der einsinnigen Leitungsfähigkeit der Nervenfaser,* doch einer besondern Prüfung.

Wenn wir uns der Thatsache erinnern, dass die am motorischen Nerven darstellbare negative Schwankung seines ruhenden Stromes zum mindesten ein *Zeichen* für bestehenden Innervationsvorgang an den Stellen ist, wo wir jene zu erregen vermögen, wie aus den beiden Erfahrungen hervorgeht, dass, so lange als ein mit einem Muskel in Verbindung stehender Nerv während seiner Reizung jenen in Zusammenziehung versetzt, er bei dieser Gelegenheit auch die negative Schwankung seines Stromes erkennen lässt und dass Unterbindung oder Durchschneidung der Nerven die Fortpflanzung der Nervenerregung sowohl, als auch die Ausbildung der negativen Schwankung über die betroffene Stelle hinaus hindern, so darf man sich der Richtigkeit des Schlusses nicht verschliessen, dass, wenn in Folge einer Reizung die negative Schwankung des Nervenstromes bis zu einer bestimmten Stelle hin zu verfolgen ist, auch bis dahin der Innervationsvorgang sich fortgepflanzt haben müsse. Erfahrungsgemäss beobachtet man nun bei Reizung eines Nervenstückes in seiner Mitte die Ausbildung der negativen Schwankung nach beiden Seiten hin von dem gereizten Punkte aus und zwar, wie es scheint, mit gleicher Leichtigkeit. Hieraus ist in Uebereinstimmung mit der vorigen Bemerkung zu schliessen, dass auch der an einem bestimmten Orte im Nerven erregte Innervationsvorgang sowohl nach dem peripherischen, als centralen Abschnitte der Nervenfasern hin vordringe, dass mit anderen Worten die Lehre von der einsinnigen Leitungsfähigkeit der Nervenfasern nicht *richtig* sei. Auch findet sich kein Unterschied in dieser Beziehung zwischen sensibeln und motorischen Nerven. Zur Befestigung dieser Lehre dienen noch Erfahrungen, welche man auf

einem ganz andern Gebiete der Nervenphysiologie gemacht hat, im Anfang mit minder, später mit mehr klarem Bezuge auf dieselben. Wir meinen die Versuche, welche man über die Functionen getrennter und kreuzweise wieder zusammengeheilter, motorischer und sensitiver Nerven angestellt hat. Wegen der Wichtigkeit, welche derartige Versuche nicht allein für die uns hier beschäftigende Lehre, sondern auch für gewisse Fragen der Hirnphysiologie haben, setzen wir die Geschichte derselben hierher. Wir heben dabei jedoch nur diejenigen heraus, bei welchen *rein sensible* und *rein motorische* Nerven, nicht aber solche *gemischter* Function benutzt worden sind, obschon für practische Zwecke die Betrachtung derselben Interesse genug bietet. Diese beginnen mit Bidder *), welcher zuerst den durchschnittenen Lingualis und Hypoglossus kreuzweise zu verheilen suchte. Wie so oft, fielen auch hier die ersten Versuche unbefriedigend aus. Zwar konnte durch electrische Reizung vom centralen Lingualisstumpfe Bewegung in der Zungenmusculatur erzeugt werden, aber es blieb bei der anatomischen Untersuchung zweifelhaft, ob in der Narbe auch wirklich das peripherische Stück des Hypoglossus mit dem centralen des Lingualis zusammengewachsen war, wesshalb der Erfolg der Reizung mit Misstrauen betrachtet wurde. Wegen derselben Unsicherheit konnte auch nicht entschieden werden, ob die Heilung der unmittelbar nach der Durchschneidung in Folge mangelnden Gefühls entstehenden Läsionen der Zunge und der Mangel erneuten Auftretens desselben herrühre von einer Verwachsung des peripherischen Stückes des Lingualis mit dem centralen des Hypoglossus oder dem analogen des ersteren. Später sind nach Bidder's Vorgang dieselben Versuche von Ambrosoli **), Gluge et Thiernesse ***), Schiff †) und neulich von Philipeaux et Vulpian ††) und Rosenthal †††) wiederholt worden. Die Versuche von Gluge und Thiernesse führten die Verfasser zu der *Annahme*, dass ein Zusammenheilen von Nervenfasern verschiedener Function nicht möglich sei. Schiff kam gleichfalls zu einem negativen Resultat. Dagegen sind die andern Forscher

*) Bidder: Versuche über die Möglichkeit des Zusammenheilens functionell verschiedener Nervenfasern. Müller's Archiv. 1842. S. 102.

**) Sulla riunioni dei Nervi senzienti coi motori e sugli effetti che ne derivano. Gaz. med. ital. Lombardia. 1860, pag. 229—32 et 287—39.

***) Gluge et A. Thiernesse: Nouvelles expériences sur la réunion des fibres nerveuses sensitives avec les fibres motrices. Bulletin de l'Académie de Belgique. Tome XVI. 1863. Nr. 7.

†) Schiff: Muskel- und Nervenphysiologie. Lahr 1859. S. 134.

††) Philipeaux et A. Vulpian: Récherches sur la réunion bout à bout des fibres nerveuses sensitives avec les fibres nerveuses motrices. Compt. rend. Tome LXI. p. 50.

†††) Rosenthal, im Centralblatt für die med. Wissenschaften. 1864. Nr. 23.

zu der Ueberzeugung gekommen, dass sich der centrale Stumpf des Nervus lingualis mit dem peripherischen des Nervus hypoglossus verbinden lasse. Bei jüngern Hunden erreichten sie dies innerhalb einiger Monate. Directe, electrische und mechanische Reizungen des Lingualisstumpfes riefen dann Zuckungen in der correspondirenden Zungenhälfte hervor, welche aber ausblieben, sobald das mit der Zunge in Verbindung stehende Stück des Hypoglossus durchschnitten wurde. Von den Stümpfen, welche nicht zur Zusammenheilung vorbereitet wurden, waren grosse Stücke herausgeschnitten, so dass sie sich in der Narbe mit den anderen Nervenenden nicht mischen konnten. An Ort und Stelle brauchen wir von diesen Versuchen nicht mehr, als das ebenerwähnte Resultat. Seine Wichtigkeit aber liegt darin, dass es uns beweist, dass der sensitive Nervus lingualis die in ihm hervorgerufenen Innervationsvorgänge auch nach der Peripherie hin fortzuleiten vermag, mit anderen Worten, dass wir hier noch einen anderen Beweis für die doppelsinnige Leitungsfähigkeit des Nerven erbracht haben. Zu wünschen bleibt nur noch, dass die Art und Weise der Neubildung der Nervenfasern noch etwas genauer verfolgt werde, um behaupten zu können, dass in dem Lingualisstumpfe sich wirklich die früheren Fasern unverändert erhalten haben und keine motorischen Elemente vom Hypoglossus aus hineingewachsen sind. Die letzteren Versuche sind im Wesentlichen durch eine erneute Bearbeitung desselben Gegenstandes von Seiten Bidder's *) bestätigt worden. Die Versuche über das Zusammenheilen des centralen Hypoglossusstumpfes mit dem peripherischen Lingualistheile sind zwar gelungen, aber in ihrer jetzigen Form sind dieselben als Beweismittel für die Richtigkeit der Lehre von der doppelsinnigen Leitungsfähigkeit der Nerven nicht brauchbar, da der Hypoglossus, wenigstens an der Stelle, an welcher man ihn behufs einer Zusammenheilung mit dem Lingualis trennte, bereits sensitive Fasern führt, also aus der nach erfolgtem Zusammenheilen bestehenden Empfindlichkeit des peripherischen Lingualisstückes mit Sicherheit Nichts geschlossen werden kann. — Welche Bedeutung die vorigen Versuche für unsere Vorstellungen über die Physiologie des Gehirns haben, wird später erwähnt werden.

§. 12.

Ueber das Wesen des Innervationsvorganges.

Bei der Kenntnissnahme der in den letzten Paragraphen beschriebenen Thatsachen war es unsere Absicht, aus ihnen im Verein mit Dem-

*) F. Bidder: Beobachtung doppelsinniger Leitung im N. lingualis nach Vereinigung desselben mit dem N. hypoglossus. Archiv für Anatomie und Physiologie. Herausg. von Reichert und du Bois-Reymond. Jahrg. 1865. S. 246.

jenigen, was uns aus dem Abschnitte über Nervenphysik bekannt geworden ist, eine Vorstellung über das Wesen des Innervationsvorganges zu bilden. Sehen wir jetzt zu, inwieweit dies ausführbar ist. Eine Vermuthung drängt sich uns sofort auf; die nämlich, dass der Innervationsvorgang sehr innig mit der Wirkung electrischer Kräfte verknüpft sein muss, oder dass sogar er selbst weiter Nichts sei, als eine besondere Bewegungsform electrischer Theile. Man stelle sich lebhaft vor: dass ein Nerv nur so lange Bewegungen auszulösen fähig ist, als er selbst electromotorische Wirkungen entfaltet und ersteres mit um so grösserer Lebhaftigkeit thut, je schärfer die letzteren an ihm hervortreten; dass, sowie er in Thätigkeit verfällt, um einen Muskel zur Zuckung, oder ein anderes Organ zu der ihm eigenthümlichen Thätigkeit anzuregen, sofort die Anordnung seiner electromotorisch wirkenden Theile eine Aenderung erfährt, und dass dies mit einer Energie geschieht, die stets gleichen Schritt mit der hält, mit welcher er seine Organe zur Thätigkeit zwingt; dass unter den mannigfaltigen Reizen zur Anregung des Innervationsvorgangs sich keiner geschickter und sicherer erweist, als die Electricität selbst; dass jede feine Nuançe electrischer Einwirkung sich irgendwie in einer analogen der Reizerscheinung ausspricht; dass man durch galvanische Ströme für längere oder kürzere Zeit die physiologische Constitution des Nerven sichtlich abändern kann, ich sage, man vergegenwärtige sich dies Alles, und man wird nicht umhin können, sich dem Glauben hinzugeben, das Wesen des Innervationsvorganges bestehe in electrischen Wirkungen. Es kommt jetzt zunächst darauf an, dieser allgemeinen Vorstellung eine bestimmtere Gestalt zu geben. Denkt man nun daran, dass die Unterbrechung der Continuität des Nervenmarks den Innervationsvorgang in seiner Fortpflanzung hemmt, so kann derselbe weder dem gewöhnlichen electrischen Strome, noch Inductionsphänomenen gleich sein oder ähnlich aussehen; denn der erstere wird durch jene Procedur in seiner Verbreitung nicht gehemmt, und die letzteren bedürfen nicht des unmittelbaren Contactes zweier Elemente, von denen das eine auf das andere inducirend wirkt. Man muss daher annehmen, dass der Innervationsvorgang in der Fortpflanzung einer Bewegung bestehe, wobei die den Nerven zusammensetzenden, electromotorischen Moleküle unmittelbar auf einander wirken. Wir hätten uns also vorzustellen, dass während des Ruhezustandes des Nerven die ihn zusammensetzenden kleinsten Theilchen vermöge ihrer electrischen Wirkungen auf einander sich in einer bestimmten Anordnung, etwa der befinden, welche wir zur Erklärung der Erscheinungen des ruhenden Nervenstromes annehmen. Trifft ein Reiz auf diese Anordnung auf, so muss eine Aenderung in der gegenseitigen Lage ihrer Theile eintreten. Für die nicht electrischen

Reize wird dies unter der Annahme begreiflich, dass sie die Grössen und Anordnungen der electrischen Kräfte der unmittelbar betroffenen Nerventheilchen herbeiführen, und zwar in der Weise, dass sie eine gewisse Anzahl ganz oder theilweise zerstören, oder durch Aenderung ihrer chemischen Zusammensetzung eine andere Vertheilung der electrischen Kräfte herbeiführen. Für die electrischen Reize ist eine solche Störung noch einsichtsvoller, indem es unmittelbar einleuchtet, dass, wenn ein electrischer Strom durch einen Haufen electrisch wirkender Moleküle, welche sich in Folge ihrer electrischen Wirkung auf einander in gewissen Lagen befinden, setzt, die Bestandtheile desselben zu einer neuen Anordnung zwingen wird. Ist einmal an einer Stelle des Nerven eine solche Störung hereingebrochen, so findet man begreiflich, dass die Wirkung der gestörten auf ihre unmittelbar sie berührenden Nachbarn daselbst neue Störung anrichten muss u. s. w. In die Fortpflanzung nun dieser Störung der ursprünglichen Anordnung der Nerventheilchen und zwar dadurch, dass die letzteren die erstere durch ihre electrischen Kräfte einleiten und unterhalten, können wir vorerst allgemein das Wesen des Innervationsvorganges setzen. Es ist hiernach derselbe ähnlich der Fortpflanzung des gestörten Gleichgewichtes der Theilchen einer Wassermasse oder eines gespannten Seiles, nur mit dem Unterschiede, dass während bei jener die Schwere oder die Elasticität als bewegende Ursachen auftreten, es hier electrische Kräfte sind, welche diese Wirkung ausüben. Man hat vorgeschlagen, sich den Hergang in der Weise zu versinnlichen, dass man sich eine Reihe Magnetnadeln oder Moleküle, welche an ihren beiden Enden entgegengesetzte Electricitäten tragen, vorstelle und welche nach einander andere Stellungen einnehmen und demgemäss eine Bewegung fortpflanzen müssen, sobald man an einem bestimmten Orte einigen Gliedern andere Lagen anweist. Selbstverständlich ist dies Bild nicht darauf berechnet, alle Züge des Innervationsvorganges genau wiederzugeben, sondern dazu, um von ihm aus anschaulich zu machen, wie er wesentlich in der Fortpflanzung eines Bewegungszustandes bestehe, bei welchem sich die materiellen Theilchen des Nerven selbst betheiligen und namentlich auch, um von einer alten Vorstellung abzulenken, nach welcher man sich den Innervationsvorgang unter dem Bilde des Fliessens eines gewissen Etwas, des Nervenagens, vorstellte. Nach diesen Vermuthungen hätten wir also die Erzeugung der Störung in der Lage der Nerventheilchen, welche diese in Folge der ihnen im ruhenden Nerven zukommenden electrischen Eigenschaften annehmen und die Fortpflanzung derselben bis zu den Organen hin, als die Ursache der Thätigkeit der letzteren anzusehen. In dieser Beschränktheit scheint die Annahme jedoch nicht auf die Sinnesnerven zu passen, welche bekanntlich auch

auf die Constanz des electrischen Stromes antworten, und es natürlich scheint, anzunehmen, dass nur *Aenderungen* in der electrischen Dichte die vermutheten Störungen zu erzeugen vermögen und die Constanz des Stromes vielmehr die electrischen Theile in bestimmten Lagen festhalte. Man könnte zwar diese Unbequemlichkeit durch die Annahme heben, dass das Prüfungsorgan für die der Empfindung dienenden Vorgänge vor dem Muskel den Vorzug habe, dass es auch die dauernde Veränderung in der natürlichen Lage der electrischen Theile der Nerven fühle; allein es scheint, als ob damit das Rechte nicht getroffen wäre, da ja auch Fälle bekannt sind, dass der Muskel während der Wirkung constanter Ströme auf seinen Nerven in Erregung verfällt. Wir werden daher besser thun, anzunehmen, dass auch während des Kreisens des constanten Stromes im Nerven eine fortwährende Aenderung in der electrischen Anordnung der Nerventheile stattfinde, welche je nach ihrer von besonderen Umständen abhängenden Grösse und der Feinheit des bezüglichen Prüfungsorganes durch das letztere beantwortet werden. Feiner und bestimmter lässt sich, zufolge der bekannten Thatsachen, die Vorstellung über die Eigenschaften des Innervationsvorgangs kaum ausmalen. Es wird aber gut sein, uns an Ort und Stelle noch einmal klar zu machen, in welche Beziehungen die am thätigen Nerven beobachtete Erscheinung der negativen Schwankung zum Innervationsvorgang selbst zu setzen sei. Es steht allerdings richtig, dass ein in Thätigkeit bgeriffener Muskelnerv diese Erscheinung zumeist zeigt; anders aber ist's mit dem Sinnesnerven und mit dem Muskel für den Fall, dass seinen Nerven nur schwache Ströme treffen. Während wir in diesen Fällen den Nerven durch den constanten Strom zum Innervationsvorgange anregen, wird von einer negativen Schwankung Nichts gesehen. Man kann aber nicht sagen, dass sie fehle; sie könnte möglicher Weise durch den dann bestehenden Electrotonus verdeckt sein. Dem sei, wie ihm wolle; jedenfalls ist die negative Schwankung des Nervenstromes, selbst wenn sie auch hier vorkommt, nur ein *Zeichen* für bestehenden Innervationsvorgang; über die innere Natur desselben sagt sie nur aus, dass während des Eintretens desselben die electrische Wirkung der Nerventheile nach aussen geringer, als zur Zeit der Ruhe des Nerven ausfällt. Man muss also diesen bedeutungsvollen Ausdruck nicht missbrauchen und in ihm eine Einsicht in das Wesen des Innervationsvorganges zu besitzen meinen. In dieser Vorsicht wird man noch besonders durch die Erfahrungen bestärkt, dass wir die Innervationsvorgänge der Sinnesnerven, wie sie durch deren eigenthümliche Erreger: Schallwellen, Lichtwellen, flüchtige und schmeckbare Stoffe etc. angeregt werden, noch nicht objectiv, d. h. durch ein an ihnen beobachtbares, physikalisches Zeichen darzu-

stellen vermögen. Ich habe zwar den Versuch gemacht, thätige Hautnerven, mit Hilfe des Polarisationsapparates zu untersuchen, konnte aber bis jetzt zu keinem positiven Resultate kommen. Aus den vorhandenen Erfahrungen ist also nur eine sehr unvollkommene Vorstellung über das Wesen des Innervationsvorganges abzuleiten; Alles aber spricht dafür, dass es in einer Bewegung der Nervenmoleküle in Folge ihrer unmittelbaren electrischen Einwirkungen auf einander bestehe. —

§. 18.

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Innervationsvorganges.

Wenn die im vorigen Paragraphen auseinandergesetzte Vorstellung in ihrem Fundamente richtig ist, dann muss die folgende Folgerung aus derselben bestehen. Eine Umschau nämlich unter den verschiedenen Bewegungen, welche um uns herum in der Natur vor sich gehen, zeigt, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit aller derjenigen Bewegungsvorgänge, bei denen sich die materiellen Moleküle der Materie selbst betheiligen, verhältnissmässig klein ist gegenüber denjenigen, bei welchen dies nicht der Fall, wo sich vielmehr, dem Standpunkte unserer jetzigen Kenntnisse gemäss, imponderable Kraftpunkte, deren Gesammtheit wir im Allgemeinen Aether nennen, in Bewegung setzen. So beträgt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wasserwellen unter dem Einfluss der Schwere unter günstigen Umständen nur 4—5 Fuss, die an einem *mässig* gespannten, wenig elastischen Seile etwa 100 Fuss, die des Schalles in der Luft unter dem Einflusse ihrer Elasticität etwa 332 Meter in der Secunde u. s. w. Dahingegen steigt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes unter dem Einflusse der Elasticität des imponderabeln Aethers bis zu c. 41918 geographischen Meilen, die der electrischen Ausgleichung in Kupfer- und Eisendrähten von einigen Millimetern Querschnitt bis zu 100,000 Kilometer in der Secunde an. Findet man nun, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Innervationsvorgangs in ihrem quantitativen Werth sich der einen oder andern Gattung von Geschwindigkeiten anschliesst; so wird daraus bis auf Weiteres zu entnehmen sein, ob sich bei diesem Vorgange die materiellen Moleküle des Nerven selbst betheiligen oder nicht. Aus dem Umstande, dass augenscheinlich bei Reizung des Nerven am Nerv-Muskelpräparate die Zuckung mit der Einwirkung des Reizes zusammenfällt, ist nicht auf eine sehr grosse Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Innervationsvorgangs zu schliessen, ebensowenig als aus dem Factum, dass in einem Zimmer scheinbar zu derselben Zeit, in

welcher eine Person spricht, die andere das gesprochene Wort hört, abzuleiten wäre, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Luftwelle sehr gross sei; denn in beiden Beispielen ist die Wegstrecke, auf welche hin sich die Bewegungen fortzupflanzen haben, so klein, dass keine merkbare Zeit zwischen Ursache und Wirkung verfliessen *kann*. Um zur richtigen Einsicht zu gelangen, kann man bei der Luftwelle ohne Schwierigkeit die Wegstrecke zwischen der Tonquelle und dem Gehörorgan nach Belieben vergrössern; bei dem Innervationsvorgange ist dies wegen der geringen Länge des Nerven nicht möglich. Hier muss man daher zu einem anderen Auskunftsmittel seine Zuflucht nehmen. Dies besteht in der genauen Messung sehr kleiner Zeittheilchen, um auf diese Weise das Zeitintervall zwischen Nervenreiz und Muskelzuckung scharf zu bestimmen.

Bisher sind für diesen Zweck zwei Methoden ausgebildet worden.

Eine erste besteht darin, dass man die Dauer eines sehr kleinen Zeittheilchens dadurch misst, dass man genau während desselben einen electrischen Strom geschlossen hält, welcher durch ein Multiplicatorgewinde geht, in dem ein Magnetstab hängt. Diese Methode hat zuerst Pouillet *) kennen gelehrt. In der That, es lässt sich aus der Ablenkung α, welche ein Magnetstab unter dem Einfluss des momentanen Stromes erleidet, die Andauer D desselben berechnen, wenn noch ausserdem die Schwingungsdauer t des Magneten und die Ablenkung x bekannt sind, welche derselbe Strom hervorbringt, wenn er permanent wirkt. Dies ergiebt sich aus Folgendem: Bezeichnet man mit M das magnetische Moment des Magnetstabes, mit T die horizontale Componente des Erdmagnetismus und mit K das Trägheitsmoment der ersteren in Bezug auf seine Drehungsaxe, so hat man bekanntlich für den Stab als ein magnetisches Pendel

$$1)\ T\,M = \frac{\pi^2 K}{t^2},$$

wie sich aus der Formel für das Schwerependel durch passende Substitution ergiebt. Ist x der Bogen, um welchen der mit der Intensität I permanent wirkende Strom den Magnetstab ablenkt, so hat man ferner

$$2)\ T\,M\,x = I\,M.$$

Weiter hat man für die Geschwindigkeit C, welche der Magnetstab durch den momentanen Strom eingeprägt erhält, für den Fall, dass keine Dämpfung stattfindet,

$$2)\ C = \frac{\pi}{t}\,\alpha$$

*) Comptes rendus. XIX p. 1384 und Poggendorff's Annalen. Bd. LXIV. S. 457.

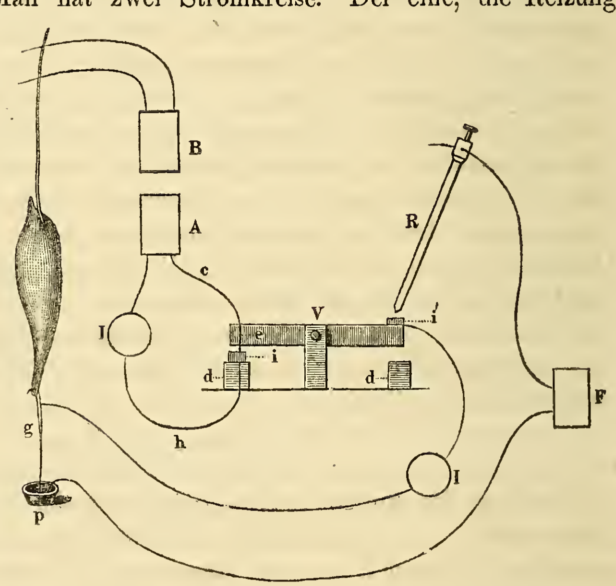
und da anderseits die Geschwindigkeit gleich ist der ablenkenden Kraft des Stromes mal der Dauer desselben dividirt durch das Trägheitsmoment, so hat man endlich

$$4)\ C = \frac{D\,I\,M}{K},$$

woraus sich ergiebt:

$$5)\ D = \frac{t\,\alpha}{\pi\,x}.$$

Findet Dämpfung statt, so ist die Geschwindigkeit C mit Rücksicht auf das logarithmische Decrement nach der Reihe zu bestimmen, welche Gauss *) angegeben hat. In Beziehung auf die practische Ausführung dieser Methode für unsere gegenwärtigen Zwecke vergleiche man Helmholtz **), welcher mit ihrer Hilfe zuerst die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den motorischen Nerven des Frosches ausgemittelt hat. Eine Vorstellung von den von ihm eingerichteten Versuchen giebt die beistehende Zeichnung. Man hat zwei Stromkreise. Der eine, die Reizung ausführende, wird durch die Inductionsrolle B, die Enden ihres Drahtes und das von ihnen eingeschlossene Nervenstückchen gebildet. Der andere, *zeitmessende*, welcher von I über g p F R i′ geht, zeigt folgende Einrichtungen: F ist der Multiplicator, dessen Nadel durch den Strom, welchen die Kette während ihres kurz andauernden



Geschlossenseins liefert, um eine gewisse Grösse abgelenkt wird. Der Schluss selbst wird dadurch bewerkstelligt, dass man den metallischen

*) Gauss und Weber: Resultate des magnetischen Vereins. 1857.

**) Helmholtz: Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animalischer Muskeln und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven. Müller's Archiv. 1850. S. 276.

Schliessungsstab R auf das Platinplättchen i' setzt, welches leitend mit dem einen Pol der Kette verknüpft ist. An der unteren Sehne des Muskels ist eine Stahlspitze g angebracht, welche einerseits mit dem anderen Pol der Kette in Verbindung steht, andrerseits in ein Gefäss p mit Quecksilber taucht, aus welchem ein Draht weiter zur Vervollständigung des Kreises nach dem Galvanometer F führt. Eine Wippe V dient dazu, in demselben Moment einen den Nerven reizenden Inductionsstrom auszulösen, in welchem der zeitmessende Strom geschlossen wird. Dies geschieht in der Weise, dass beim Aufsetzen des Schliessungsstabes R auf das Platinplättchen i', der rechte Arm der Wippe herunter, der linke in die Höhe geht und letzterer bei dieser Gelegenheit die inducirende Kette I', deren Strom durch die primäre Rolle A über c e i h geht, durch Abheben des Platinstiftes e von dem Platinplättchen i, welches auf den Untersatz d gelöthet ist, unterbricht. Der analoge Untersatz d der anderen Seite dient nur als Bewegungsgrenze für die Wippe. Der Schluss bei i', die Oeffnung bei e und die Erzeugung des Inductionsstosses in B können als gleichzeitig geschehend betrachtet werden. Der zeitmessende Strom bleibt, wenn man R und i' in Contact erhält, so lange geschlossen, bis ihn der sich zusammenziehende Muskel durch Abheben der Stahlspitze g von der Oberfläche des Quecksilbers im Näpfchen p unterbricht. Diese Zeit ist im Ganzen sehr klein und aus der während derselben durch den Strom erzeugten Nadelablenkung im Galvanometer F kann dann nach der S. 136 gegebenen Regel die Zeit des Geschlossenseins berechnet werden. Man wiederholt jetzt den Versuch, nur mit dem Unterschiede, dass die Drahtenden der Inductionsrolle B an den Nerven dicht bei seinem Eintritt in den Muskel angelegt werden. Man erhält dann einen von dem vorigen verschiedenen und zwar geringern Zahlenwerth für die Andauer des zeitmessenden Stromes. Da alle Einrichtungen dieselben geblieben sind, wie sie im ersten Versuche waren, so kann der Unterschied nur daher rühren, dass bei dem einen Versuche der Innervationsvorgang eine grössere Wegstrecke zu durchlaufen hatte, als im anderen. Jene Zeitdifferenz entspricht daher der Wegdifferenz zwischen den beiden Electrodenstellungen. Hieraus findet man endlich durch ein einfaches Regeldetriexempel die Wegstrecke, welche der Innervationsvorgang in der Zeiteinheit durchläuft.

Eine zweite, wenn auch nicht sehr scharfe, für den gegenwärtigen Zweck aber doch innerhalb gewisser Grenzen brauchbare Methode benutzt die graphisch dargestellten Curven, welche ein zuckender Muskel, der an einer Schreibevorrichtung hängt, auf einen sehr schnell vor dieser vorbeirotirenden Cylinder aufschreibt, wie dies also z. B. in dem

Myographion von Helmholtz *) ausgeführt wird. Wenn man nun unmittelbar hinter einander her zwei Zuckungscurven schreiben lässt und zwar in der Art, dass man in einem ersten Versuch als Reizungsstelle einen von dem Eintritt des Nerven in den Muskel weit entfernt gelegenen Punkt wählt und in einem zweiten denselben durch einen so weit als möglich davon abwärts gelegenen ersetzt; so findet man, dass bei gleicher Drehungsgeschwindigkeit des Cylinders die beiden Zuckungscurven horizontal gegen einander verschoben sind und zwar in der Weise, dass die zuletzt geschriebene *früher* beginnt. Dies kann, da alle übrigen Verhältnisse dieselben geblieben sind in nichts Anderem, als darin seinen Grund haben, dass im ersten Versuch der Innervationsvorgang sich durch eine längere Nervenstrecke hindurch fortzupflanzen hatte, als im zweiten. Die in beiden Versuchen sich gleichbleibende Umdrehungsgeschwindigkeit lässt sich mit Hilfe einer besonderen, am Myographion angebrachten Vorrichtung bestimmen, und daraus kann man die Zeit finden, welche der horizontalen Verrückung der Zuckungscurven entspricht. Endlich kennt man die Nervenstrecke, welche zwischen den beiden gewählten Reizungsstellen liegt, womit man dann unmittelbar den Weg hat, welchen der Innervationsvorgang in der der Verrückung der Curven entsprechenden Zeit zurücklegte. Einer besonderen Schärfe ist übrigens diese Methode nicht fähig, da die mehrfach erwähnte Verrückung im Ganzen doch klein und die Bestimmung der Umdrehungsgeschwindigkeit des Cylinders nicht hinlänglich scharf genug vorgenommen werden kann. Aber sie ist besonders geeignet, um unmittelbar anschaulich zu machen, dass der Innervationsvorgang zu seiner Fortpflanzung überhaupt einer messbaren Zeit bedarf.

Die Resultate, welche durch diese beiden Methoden zu Tage gefördert worden sind, können in folgende Sätze zusammengefasst werden:

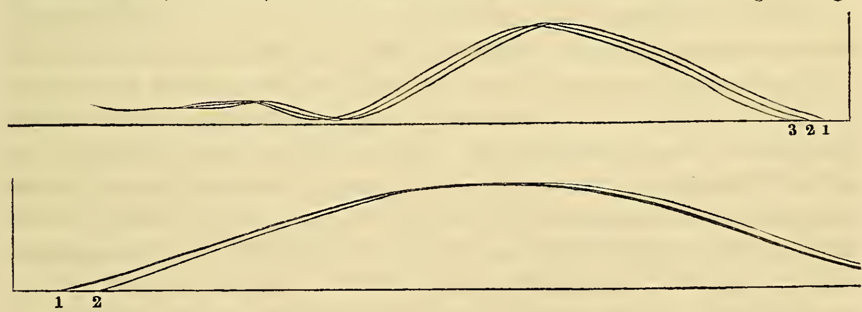
1) *Für die Hüftnerven des Frosches beträgt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Mittel c. 27 Meter für die Secunde bei einer Temperatur zwischen 11 bis 21⁰ C.* Dieselbe ist demnach eine sehr mässige, etwa so gross, wie die einer Welle, welche an einem mässig gespannten Seile dahin läuft. Befremdend kann dieses Resultat für uns nicht mehr sein; es ist vielmehr in vollkommner Uebereinstimmung mit den Folgerungen, welche wir aus unserer Vorstellung über das Wesen des Innervationsvorgangs gezogen haben, und jene erhält daher durch diesen Umstand eine besondere Stütze.

2) *Mit der Abnahme der Temperatur verändert sich die Fortpflan-*

*) Helmholtz: Messungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven. Müller's Archir. 1852. S. 199.

zungsgeschwindigkeit in hohem Masse. Sie kann bei einer Temperatur von Null leicht bis zur zehnfach geringern, als die erwähnte werden. Diese Eigenschaft lässt sich bei einiger Uebung in der Handhabung des Myographions noch recht gut mit Hilfe der zweiten, graphischen Methode nachweisen.

3) *Es sind Anzeichen vorhanden, dass der Innervationsvorgang sich nicht durch alle Querschnitte des Nerven mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanze.* Hierüber hat Munk *) Versuche angestellt. Um die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten des Innervationsvorganges an verschiedenen Stellen des Nerven mit einander zu vergleichen, bediente sich Munk des Myographions und zwar in der Weise, dass er auf dem in allen Versuchen mit derselben Geschwindigkeit sich bewegenden Cylinder drei Zuckungen schreiben lässt, welche durch Inductionsströme ausgelöst wurden, bei denen unipolare Zuckungen vermieden, das Maximum der Erregung stattfand und von drei Electrodenpaaren aus bewirkt wurden, von denen eins in der Nähe des Rückenmarksendes des Nerven, ein anderes in der Gegend der Eintrittsstelle desselben in den Muskel und ein drittes in der Mitte zwischen beiden angebracht war. Auf diese Weise erhielt er drei congruente Curven, die in horizontaler Richtung gegen einander verschoben waren. Würde sich nun der Innervationsvorgang an allen Stellen des Nerven mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzen, so müsste der Anfang der dem mittleren Electrodenpaar entsprechenden Curve genau in die Mitte zwischen die Anfänge der beiden anderen fallen, also so, wie die erste der beistehenden Zeichnungen zeigt.



So findet man es aber nicht, vielmehr so, wie es die zweite Figur **) repräsentirt, in welcher die dem unteren und mittleren Electrodenpaar zugehörigen Curven, beide hier durch die stärkere Linie repräsentirt, so

*) Munk: Untersuchungen über die Leitung der Erregbarkeit in den Nerven. Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv. 1860. S. 798.

**) Leider sind durch ein Versehen die beiden Figuren nicht correspondirend gelegt.

wenig von einander verschieden sind, dass sie keine genau messbare, horizontale Verrückung mehr zu einander zeigen, dagegen die dem obersten Electrodenpaar zukommende sehr beträchtlich gegen die zweite verschoben ist. Diese Erfahrungen scheinen zunächst auszusagen, dass die dem Rückenmarksende des Nerven näher gelegenen Strecken desselben die Erregung des Innervationsvorganges langsamer, als die entfernteren fortpflanzen. Doch erklärt sich die soeben gemachte Wahrnehmung auch gleich gut durch die Voraussetzung, dass die Schnelligkeit der Fortpflanzung von ihrer Entfernung von der unmittelbar gereizten Stelle abhängig und zwar in der Weise sei, dass sie an allen Punkten, welche gleich weit entfernt sind vom Ort des Reizes mit *gleicher*, dagegen denjenigen, welche weiter davon entfernt sind, mit *geringerer* Geschwindigkeit stattfinde. Munk hat sich in Folge besonderer Versuche für die letztere Möglichkeit entschieden.

4) *Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ändert sich mit einer veränderten electrischen Molekularstructur, welche man in dem Nerven künstlich hervorruft.* Die Untersuchungen über diesen Gegenstand rühren von Bezold *) her und führen zu dem Schluss, dass eine unter dem Einfluss des Stromes polarisirte Nervenstrecke, die Erregung des Innervationsvorganges viel langsamer fortpflanzt, als eine nicht so behandelte. Diese Eigenschaft tritt auf, in welcher Weise auch der Nerv polarisirt sein mag. Auch erhält sie sich noch kurze Zeit nach dem Oeffnen der den Nerven polarisirenden Kette. Die Verringerung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit bei Curaravergiftung wurde schon oben S. 76 erwähnt.

Natürlich mussten Untersuchuugen, wie die vorigen, zu der Frage Veranlassung geben, wie es sich mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Innervationsvorganges in den sensibeln Nerven verhalte, um so mehr, als die Erregung dieser manche Eigenthümlichkeit zeigt. Zwar scheint ihre Beantwortung etwas weniger einfach zu sein, da das Prüfungsorgan auf die Existenz von Innervationsvorgängen in sensitiven Nerven, Gehirn und Rückenmark, in seiner Arbeit viel weniger als der Muskel gekannt ist; doch hindert dies nicht zu versuchen, inwieweit hier vorzudringen sei. Schon Helmholtz **) hat sich mit dieser Frage und zwar in folgender Weise beschäftigt. Durch eine beschränkte Hautstelle wurde ein electrischer Reiz geführt, ähnlich dem, der in den Versuchen an den motorischen Nerven des Frosches den Bewegungsnerv traf. Man bediente sich dabei der oben zuerst auf S. 133 angegebenen Methode, so

*) v. Bezold: Untersuchungen über die electrische Erregung der Nerven und Muskeln. Leipzig 1861. Die hierher gehörigen Thatsachen wurden jedoch schon vorläufig publicirt in Herrmann's allgemeiner med. Centralzeitung. 1859. Nr. 25.

dass also im Momente der Einwirkung dieses Reizes ein zeitmessender Strom geschlossen wurde. Die Unterbrechung des zeitmessenden Stromes geschah mit den Armen oder Zähnen in dem Augenblicke, in welchem dem Individuum, an dem man die Untersuchungen anstellte, der Reiz zum Bewusstsein kam. Der zeitmessende Strom war also geschlossen während der Zeit, dass sich der Reiz in den sensitiven Nerven zum Gehirn fortpflanzte, dort zum Bewusstsein kam, der Innervationsvorgang in den betreffenden Muskelnerven sich fortpflanzte und die Muskeln sich bis zur Lösung der Kette zusammenzogen. Indem man nun in zwei auf eineinander folgenden Versuchen den Reiz auf zwei in verschiedener Entfernung vom Gehirn liegende Stellen wirken liess, änderte man von jenen drei Summanden der Zeit, welche die ganze Dauer des zeitmessenden Stromes zusammensetzten, nur denjenigen, welcher die Fortpflanzung des Innervationsvorganges im sensibeln Nerven betraf, und indem man schliesslich noch die Differenz in der Entfernung beider Hautstellen ermittelte, erhielt man aus diesen Daten eine Vorstellung über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Gefühlsnerven. Als Resultat seiner Untersuchungen dieser Art führte Helmholtz an: „Die Nachricht von einem Eindrucke, der auf das Hautende empfindender Nerven gemacht ist, pflanzt sich mit einer zu verschiedenen Zeiten und bei verschiedenen Individuen nicht merklich variirenden Geschwindigkeit von 60 Meter nach dem Gehirn fort. Im Gehirn angekommen, vergeht eine Zeit von etwa $^1/_{10}$ Sec., ehe der Wille auch bei der angespanntesten Aufmerksamkeit die Botschaft an die Muskelnerven abzugeben im Stande ist, vermöge welcher gewisse Muskeln eine bestimmte Bewegung ausführen sollen. Diese Zeit variirt besonders nach dem Grade der Aufmerksamkeit bei verschiedenen Personen und zu verschiedenen Zeiten be derselben Person und ist bei laxer Aufmerksamkeit sehr unregelmässig und lang, bei gespannter dagegen sehr regelmässig. Nun läuft die Botschaft wahrscheinlich mit derselben Geschwindigkeit nach den Muskeln hin und endlich vergeht noch $^1/_{100}$ Sec., ehe der Muskel sich nach ihrer Empfangnahme in Thätigkeit setzt. Im Ganzen vergehen also von der Reizung der sensibeln Nervenenden bis zur Bewegung des Muskels $1^1/_4$ bis 2 Zehntheile einer Secunde.“ In den menschlichen Empfindungsnerven würde sich also der Innervationsvorgang etwa noch einmal so schnell als in den motorischen Froschnerven bewegen. Es liesse sich dies Resultat aus einer beiden Nervenarten zukommenden, verschiedenen molekulären Structur und aus dem Temperaturunterschiede der der Untersuchung unterworfenen Nervenbahnen erklären. Zur Zeit ist jedoch keine Nöthigung zu einer solchen Erklärung vorhanden; die Wiederholung der Versuche von Helmholtz mit anderen Mitteln hat zu ande-

deren Zahlen geführt, die, da sie auf verschiedenen Wegen und von verschiedenen Forschern nahezu übereinstimmend gefunden worden sind, eine grössere Wahrscheinlichkeit für sich haben, dass sie richtiger sind. Zuerst sind hierhergehörige Versuche von Hirsch *) zu erwähnen. Dieselben werden mit Hilfe des Hipp'schen *Chronoscops* angestellt. Im Allgemeinen ist dies ein Instrument, welches die Anzahl von tausendstel Secunden misst, welche zwischen der Oeffnung und Schliessuug eines electrischen Stromes vorgehen. Die Zählung jener Secundentheile geschieht durch ein Zeigerwerk, welches durch eine an dem Anker eines Electromagneten angebrachte Vorrichtung zu seinem Gang in dem Momente ausgelösst wird, wenn man den electrischen Strom unterbricht und seinen Gang mit der Wiederherstellung des Stromes einstellt. In der unten citirten Abhandlung von Hirsch findet sich eine ausführliche Beschreibung und Zeichnung des Chronoscops. Hirsch verfuhr nun behufs der Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Gefühlsnerven so, dass er einen Zweig des den Electromagneten beherrschenden Stromes zur Auslösung eines schwachen Inductionsstosses benutzte und letzteren durch eine Hautstelle leitete, wo er sich wie ein leichter Nadelstich fühlbar machte. Durch ein Tasterwerk öffnete der Beobachter den, den Electromagneten umkreisenden Strom und setzte damit das Zeigerwerk des Chronoscops zur Ruhe in dem Momente, in welchem ihm die Empfindung zum Bewusstsein kam. Aehnliche Versuche wurden an verschiedenen Hautstellen angestellt, und dann aus der Differenz der gefundenen Zeiten und Nervenlängen schliesslich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit für die Zeiteinheit berechnet. *Es ergaben sich etwa 34 Meter für die Secunde,* also ein nahezu um die Hälfte kleineres Resultat, als das von Helmholtz gefundene.

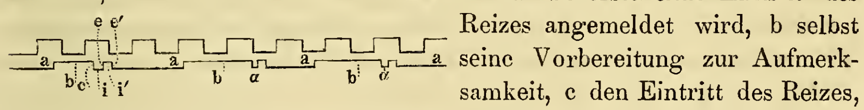
Merkwürdiger Weise ist eine davon nicht sehr bedeutend abweichende Zahl in neuerer Zeit von Schelske **) erhalten worden, und zwar mit Hilfe einer anderen Methode und ohne Kenntniss von den vorigen Versuchen. Der Verfasser hat seine Versuche auf der Sternwarte zu Utrecht mit Hilfe des Krill'schen Registrirapparates angestellt,

*) Die Untersuchungen wurden zuerst am 7. Nov. 1861 in der naturforschenden Gesellschaft zu Neuenburg vorgetragen. Sie sind dann im VI. Bande des Bulletin der erwähnten Gesellschaft und auch in den Archives des Sciences physiques et naturelles de Genève (Nouv. Sér. XV.) 1862. S. 160 gedruckt erschienen. Durch den Valentin'schen Jahresbericht von 1852 und durch eine Uebersetzung in Moleschott's Untersuchungen, Bd. IX. S. 163 sind sie weiter bekannt geworden. Mir liegt die letztere vor.

**) Neue Messungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Reizes in den menschlichen Nerven. Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv. 1864. S. 152.

dem er für seine speciellen Zwecke einige Zusätze gegeben. Von den Einzelheiten des Apparates kann hier keine Beschreibung gegeben werden; die folgenden Bemerkungen sind nur dazu bestimmt, den Leser nicht im absoluten Dunkel über die Methode zu lassen. Auf einem durch ein Uhrwerk um eine horizontale Axe getriebenen Cylinder registrirt eine Uhr die Secunden und zwar mit Hilfe electromagnetischer Vorrichtungen in der Art, dass die Zeichen der Zeit abwechselnd in verschiedener Höhe zu liegen kommen. In der folgenden Figur stelltdieobere Zeichnung ein Stück dieser Registrirung von Secunden vor. Auf demselben Cylinder werden nun unmittelbar unter die vorige Zeichnung folgende Marken gemacht, nämlich: 1) eine, welche den Moment des Reizes einer bestimmten Hautstelle bezeichnet; sie wird von einer Vorrichtung markirt, die in keiner Verbindung mit dem Beobachter steht; letzterer wird indess durch ein Zeichen von ihrem nahen Eintritt benachrichtigt, um seine Aufmerksamkeit auf die bevorstehende Empfindung zu lenken; 2) eine, welche den Zeitmoment angiebt, in welchem der Reiz dem Beobachter zum Bewusstsein kommt. Diese führt der letztere selbst aus. 3) eine, welche aufgezeichnet wird in den Zeiträumen, in welchen Nichts der Art geschieht.

In der zweiten Curve der beistehenden Fig. bedeuten a die Zeiten, in welchen der Zeichenstift in seiner Ruhelage ist, die Erhebungen zu b die Momente, in welchen dem Beobachter der bevorstehende Eintritt des Reizes angemeldet wird, b selbst seine Vorbereitung zur Aufmerksamkeit, c den Eintritt des Reizes, e e' Anfang und Ende des Zeichens i', welches der Beobachter macht, wenn der Reiz ihm zum Bewusstsein kommt, endlich die Länge i die Zeit, welche vom Eintritt des Reizes bis zum Bewusstwerden desselben verfliesst. An den mit α bezeichneten Stellen hat man sich dieselben Bezeichnungen wiederholt zu denken. Wählt man nun zur Reizung nach einander Stellen, welche verschieden weit vom Hirn ab liegen, so ist klar, dass die Linien i von verschiedener Länge ausfallen müssen: die einer Reizung an der Fussspitze entsprechende z. B. wird länger sein, als die einer solchen, welche etwa der Gegend des Poupart'schen Bandes correspondirt. In unserer Zeichnung ist dies gleichfalls sichtbar; die Längen, welche an den mit α bezeichneten Stellen mit i bezeichnet zu denken sind, haben eine geringere Grösse, als die Länge i an der Stelle, wo alle Momente vollständig bezeichnet sind. Mit Hilfe einer Loupe lassen sich die Längen der i genau messen, mit einander und der Länge der Secundenlinie vergleichen und aus diesen Daten nebst der Differenz der Weglängen der gereizten Stellen vom Gehirn schliesslich wieder die Fortpflanzungsgeschwindigkeit für



die Zeiteinheit herstellen. Schelske's Resultate schwanken zwischen 25 und 32 Meter für die Secunde und führen demnach zu einem Mittelwerthe von c. 29 Meter für diese Zeit, also einem Werthe, der dem von Hirsch gefundenen ziemlich nahe kommt. — In den Versuchen von Schelske ist noch eine andere Frage berührt, die besprochen zu werden verdient, die nämlich, ob die Fortpflanzungsgeschwindigkeit durch das Rückenmark eine wesentlich andere, als die durch die Nervenbahnen sei. Um für sie eine Antwort zu gewinnen, hat Schelske in der Art verfahren, dass er die hinteren Aeste der Rückenmarksnerven in ihren Ausbreitungen in der die Rückenmuskeln deckenden Haut reizte und zwar so, dass er in zwei auf einander folgenden Versuchen Hautstellen am Rücken und am Nacken wählte, deren zugehörige Nerven nach ihrem Austritt aus dem Rückenmark nahezu gleich lang waren, sich aber dadurch von einander unterschieden, dass die einen innerhalb des Rückenmarks einen um 590 Mm. längern Weg als die anderen zu durchlaufen hatten. Er fand, dass der Innervationsvorgang zum Durchlaufen dieses Weges etwa 0,019 Sec. Zeit braucht, oder dass er in einer Secunde um etwa 31 Meter fortschreitet. Demnach wäre also die Schnelligkeit der Fortpflanzung der Innervation in peripherischen Nerven und dem Rückenmark gleich. Es ist zwar auch das Gegentheil von der Leitungsfähigkeit des Rückenmarks ausgesprochen worden *), allein auf Versuche hin, die auf den ersten Blick den Mangel an derjenigen Schärfe erkennen lassen, die auf diesem Gebiete nothwendig ist.

§. 19.

Physiologie des Gehirns.

Ich darf wohl bei dem *physiologischen* Leser voraussetzen, dass er in diesem Capitel nur nach solchen Mittheilungen sucht, welche durch ein Verfahren gewonnen sind, das unserem bisherigen Verhalten vollkommen entspricht. Leere Speculationen über die Natur der Gehirnfunctionen gehören nicht in das Gebiet der Experimentalphysiologie. Wir ziehen die von dem Gehirn nachweislich abhängigen Erscheinungen nur insoweit in Betracht, als wir sie mit unseren Hilfsmitteln und unseren Methoden zu zergliedern vermögen. Was sich beiden zur Zeit nicht fügt, gehört nicht in unsere Domaine, obschon die Lüsternheit, das fremde Gut in sie hineinzuziehen, uns zur Anstrengung anspornen mag. Wir werden also hier darzustellen haben, welche Erscheinungen vom Gehirn überhaupt und von welchen Theilen desselben im Besonderen sie abhängen, indem wir zeigen, wie sie sich mit der Aenderung

*) Brown Sequard: Sur la vitesse du courant nerveux. Journal du Progrès. 1859. p. 323.

ihrer Bedingungen gleichfalls anders gestalten und mit dem Wegfall jener selbst verschwinden. Die Zergliederung des Thatsächlichen wird überall bald ihre Grenze finden, da uns die zarte Natur des Gegenstandes bei unseren Schlüssen Vorsicht zur ganz besonderen Pflicht macht. So fällt zwar die Hirnphysiologie ziemlich mager aus, allein dies kann uns nicht bestimmen, den Defect durch gehaltlose Redensarten zu decken. Erfahrungsgemäss hängen nun vom Gehirn ab: *die sogenannten rein seelischen Functionen, die Empfindungen und willkührliche Bewegung, sowie endlich automatische und reflectorische Erscheinungen* verschiedener Art.

Die *rein seelischen* Functionen sind durch das Gehirn bedingte Vorgänge, welche nach Aussen nicht nothwendig in die Erscheinung zu treten brauchen; sie entziehen sich daher auch jedem objectiven Angriff durch quantitative Bestimmungsmethoden. Wir können daher zur Zeit nicht mehr thun, als den Versuch machen, ob sich nicht auf einige Erfahrungen hin etwas Näheres über das Abhängigkeitsverhältniss selbst zwischen geistiger Leistung und Gehirn nach irgend einer Beziehung hin bestimmen lasse. Dass überhaupt das letztere die Bedingung der ersteren sei, geht aus den zahlreichen Wahrnehmungen hervor, nach welchen Erkrankungen des Gehirns irgend welcher Art die geistigen Functionen beeinträchtigen oder verschwinden machen. Nicht, oder nur unvollkommen gekannt dagegen sind die Bedingungen, welche von Seiten des Gehirns zu erfüllen sind, damit die seelischen Aeusserungen in dieser oder jener Richtung, in niederem oder höherem Grade sich vollziehen. Die schwachen Versuche, welche bisher zur Erkennung derselben gemacht worden sind, beschränken sich auf folgende. Es lag nahe, damit zu beginnen, die Gehirne geistig besonders befähigter Individuen einfach zu besichtigen und zu sehen, ob sich an ihnen Nichts Bemerkenswerthes finden lasse, was solchen abgehe, die man Personen entnommen, denen eine geringere geistige Energie zum Erbtheil geworden. Derartige Beobachtungen schienen anfangs darauf hinzudeuten, dass die Gehirne geistig besonders befähigter Persönlichkeiten durch ihr Gewicht und den Reichthum ihrer Windungen ausgezeichnet wären. Indess hat die Vervielfältigung hierher gehöriger Beobachtungen ergeben, dass dieser Satz nicht so ohne Weiteres richtig ist. Bezüglich des Gewichtes kommen bei ungleich geistig begabten Personen unter übrigens gleichen oder nahezu gleichen Bedingungen, wie namentlich Alter und Geschlecht, dieselben Zahlen vor. Was den Reichthum und die Tiefe der Windungen betrifft, so kennt man Beispiele windungsarmer Gehirne, welche sich während des Lebens von nicht geringer Intelligenz erwiesen. Man sieht auch ein, dass der Zusammenhang zwischen geistigen Fähigkeiten einer-

seits und Masse und architektonischer Anordnung andrerseits kein nothwendiger zu sein braucht; denn was einem Gehirn in letzterer Beziehung versagt ist, kann ihm durch molekuläre Güte ersetzt sein. So mag es auch kommen, dass Individuen mit einseitig verkümmerter Hemisphäre ohne excessive Ausbildung der anderen keine Störungen oder auffallend geringere Grade von Intelligenz zeigen *). Ausser diesen allgemeinen Bezügen zwischen geistigen Fähigkeiten und Beschaffenheit des Gehirns hat man auch noch den Versuch gemacht, zuzusehen, ob mit der grössern oder geringern Ausbildung einzelner Hirntheile oder der gesunden oder kranken Beschaffenheit solcher entsprechende Grade einzelner Seelenthätigkeiten verknüpft seien. Das bisher in dieser Beziehung Geleistete ist von verhältnissmässig untergeordnetem Werthe, weil zumeist weder die zu Grunde liegenden Beobachtungen die hinlängliche Schärfe besitzen, noch die Schlüsse vorsichtig genug gezogen worden sind. Diese Bemerkung trifft besonders das System Gall's mit seinen zahlreichen, weiteren Verirrungen, womit jedoch selbstverständlich nicht behauptet werden soll, dass der ursprüngliche Gedanke Gall's, durch Beobachtungen über die Coincidenz von einzelnen, besonders stark hervortretenden Seelenthätigkeiten und ungewöhnlicher Ausbildung gewisser Hirntheile die Bedeutung der letzteren festzustellen, keine wissenschaftliche Berechtigung habe. Im Gegentheil war dieser nüchterne Versuch ganz an seinem Platze und hat, selbst noch in seinen phantastischen Verkehrtheiten, viel dazu beigetragen, die Einseitigkeit des Verfahrens einzusehen, das geistige Leben überhaupt und die speciellen Aeusserungen desselben im Besondern an einzelnen Stellen im Gehirn zu suchen. Die Experimentalphysiologie ist bei ihrer Armuth in Bezug auf diesen Punkt vorsichtig und sagt darüber etwa Folgendes: Es hat bis jetzt nicht zwischen den drei Annahmen entschieden werden können, ob den besonderen, geistigen Vermögen localisirte Stellen im Hirn entsprechen, oder ob es einen kleinern oder grössern Ort in demselben giebt, wo die allen Seelenthätigkeiten zu Grunde liegenden Bewegungen geschehen, oder endlich ob es für die rein geistigen Thätigkeiten gar keinen bestimmten Ort giebt, sondern dieselben nur die Resultate in bestimmten Formen sich vollziehender Wechselwirkungen zwischen Nervenmasse, Blut und vielleicht noch vielen, verschiedenen anderen Bedingungen darstellen. Die Wahrscheinlichkeit spricht für die letztere Vorstellung; denn nicht allein lassen sich bei Thieren die verschiedenartigsten Hirntheile entfernen, ohne dass die Zeichen noch vorhandener Seelenthätigkeiten verschwinden, sondern

*) Man vergleiche hierzu die von Longet: Anatomie et Physiologie du système nerveux de l'homme, Vol. I. p. 667. ff zusammengestellten Fälle.

wir sehen auch beim Menschen oft weitgreifende Zerstörungen in den mannigfaltigsten Hirntheilen auftreten, ohne dass die Seelenthätigkeiten namhafte Störungen erleiden und andrerseits, wie oft im Wahnsinn, den Geist sich verirren, ohne dass in irgend einem Hirntheile überhaupt eine locale Veränderung gefunden wird. Man könnte sich hiernach vorstellen, dass etwa so wie im Muskel durch die in ihm gegebenen, physischen Bedingungen Electricität, Wärme etc. entwickelt werden, deren relative Mengen von den jeweiligen Besonderheiten jener abhängen, und welche an den verschiedensten Formen und an *allen Stellen* ächter Muskelsubstanz, mögen sie unförmliche Verdickungen oder zierliche geometrische Bildungen darstellen, wiederkehren, auch im Gehirn *überall* das geistige Leben mit seinen mannigfachen Formen als eine Resultante der Wirkung verschiedener Bedingungen aufblitzt. Erhebend ist es freilich nicht, sich sagen zu müssen, dass wir zur Zeit nicht die mindeste Vorstellung, ja nicht einmal Ahnung davon haben, wie physische Bedingungen ein Etwas erzeugen, das physischen Folgen so absolut unähnlich ist und fremd aussieht. Hier kommt sich wirklich der Mensch fremd vor. Triftig sind allerdings diese Gründe nicht, aber sie sind mit der letzten Anschauung noch am verträglichsten. Auch verlieren sie nicht an Werth durch die wenigen Thatsachen, welche man zu Gunsten der Meinung vorgebracht hat, dass die Seelenthätigkeiten sich nur an gewissen Hirntheilen offenbarten. So sind z. B. Manche nicht abgeneigt, die Stirnlappen als die Träger der intellectuellen Fähigkeiten anzusehen. Sie stützen sich dabei auf Fälle, in welchen Idiotie und Mangel der vorderen Stirnlappen Hand in Hand gehen *). Ihnen lässt sich jedoch erwiedern, nicht allein, dass auch bei voller Integrität der Stirnlappen Idiotie beobachtet ist, sondern auch, dass tief eingreifende Zerstörungen in jenen Theilen keinen Verlust der Intelligenz nach sich gezogen haben. Doch ist es wichtig, hier anzumerken, dass die erwähnten Theile in einer besonderen *Beziehung* zur hauptsächlichsten Aeusserung intellectueller Thätigkeit, der Sprache nämlich, zu stehen scheinen. Da jedes auf die Hirnphysiologie bezügliche, gut constatirte Factum Mittheilung und Verbreitung verdient, so mag zur weiteren Begründung des eben Erwähnten noch Folgendes mitgetheilt werden. Die Abhängigkeit der Sprache von den Stirnlappen wurde zuerst von Bouillaud **) ausgesprochen, in neuerer Zeit von Broca ***) vertheidigt. Letzterer

*) Longet, l. c. I. p. 680.

**) Bouillaud: Traité de l'encephalite. Paris 1825.

***) Broca: Sur le siège de la faculté du Langage articulé avec deux observations d'Aphémie. Paris 1861. Extrait des Bulletins de la Societé anatomique de Paris. Tome VI. 1861.

hat zwei Fälle bekannt gemacht, bei denen in dem einen eine sich durch 21 Jahre hinziehende Erweichung, in dem anderen ein apoplectisches Extravasat die zweite und dritte Frontalwindung der linken Hemisphäre zerstört hatten, und dass beide Male bei voller Integrität der Intelligenz, der Beweglichkeit der Zunge und der anderen Sprachwerkzeuge und bei erhaltener Fähigkeit, durch eine Zeichensprache zu antworten, das Vermögen zu sprechen bis auf ein oder einige Worte vollkommen verloren gegangen war *).

Die Functionen der *Empfindung* und *willkührlichen Bewegung* sind zwar auch nicht in ihrem ganzen Umfang den Methoden der Physiologen zugänglich, aber beide Vorgänge lassen sich doch immerhin theilweise experimentell untersuchen. Bezüglich der *Empfindungen* kann es hier nicht Absicht sein, alle derselben ausführlich zu behandeln. Dies würde zu einer Physiologie der Sinnesorgane führen, welche nicht beabsichtigt wird. Da wir diejenigen Eigenthümlichkeiten derselben, welche uns für die Erkenntniss des *Wesens des Innervationsvorganges* unerlässlich schienen, bereits oben abgehandelt haben, so bleiben uns an gegenwärtiger Stelle nur die Seiten derselben übrig, welche sich vorzugsweise auf die Leistungen des *Gehirns* bei dem Empfindungsact beziehen. Die vollendete Empfindung schliesst einen Act des Bewusstseins in sich; es ist daher nach den vorhergehenden Mittheilungen klar, dass es vergeblich sein wird, nach dem Orte zu fragen, wo dieser Abschluss der Empfindung geschieht, und ob es für die verschiedenen Empfindungen in dieser Beziehung nur einen oder mehre Stellen im Gehirn gebe. Eine solche Frage ist vergeblich; denn wir wissen nicht, ob das Bewusstsein an einem bestimmten Orte im Gehirn sitzt, oder, wie es wahrscheinlicher ist, überall erzeugt wird. Den oben angeführten Gründen für die letztere Meinung können wir bezüglich des Bewusstwerdens der Empfindung noch den hinzufügen, dass die Physiologen schon so ziemlich jeden einzelnen Hirntheil bei Thieren zerstört haben, ohne das Object der Untersuchung dadurch empfindungslos zu machen. An sie aber schliesst sich eine andere, welche mehr Aussicht auf Lösung erwarten lässt, nämlich die, ob es nicht gewisse Stellen im Gehirn gebe, welche besonders wichtige Glieder für das Zustandekommen der Empfindungen enthalten, sei es, dass sie directe Fortsetzungen der mit dem Gehirn verknüpften Empfindungsfasern in sich schliessen, oder in anderer Weise sich an der bewussten Production der Empfindungen betheiligen.

---

*) Vergl. über diesen Punkt auch R. Wagner: Nachrichten von der G. A. Universität und der Königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. 14. Mai. Nr. 11. 1862.

Diese Hoffnung ist durch experimentale Prüfung verschiedener Hirntheile und Benutzung pathologischer Erfahrungen zum Theil, wenn auch im Ganzen noch unbefriedigend, erfüllt worden. Die erstere besteht darin, dass man das Gehirn am lebenden Thiere blosslegt, seine verschiedenen Theile mechanisch reizt, und aus den etwaigen Schmerzen, welche das Thier verräth, auf die Anwesenheit von empfindenden Elementen in jenen schliesst. Man hat als solche den Boden des vierten Ventrikels, das verlängerte Mark, die Grosshirnschenkel, die Vierhügel und die zur Brücke gehenden Schenkel des kleinen Gehirns etc. kennen gelernt. Die Erfahrungen der practischen Medicin weisen andrerseits noch auf die Streifenhügel, die Sehhügel und die an diese zunächst angrenzenden Theile der Hemisphäre hin, indem eine beträchtliche Zahl von Krankheitsfällen gesammelt worden ist, in denen bei Zerstörung der genannten Theile durch Blutergüsse, Geschwülste etc. je nach Intensität und Ausdehnung der zerstörten Parthieen während des Lebens Gefühllosigkeit an den Extremitäten und dem Rumpfe beobachtet wurde *). So wichtig diese Erfahrungen sind, so eröffnen sie doch kaum das Feld der hier noch offnen Untersuchungen; denn abgesehen davon, dass sie nur einzelne wenige Glieder der Wege kennen lehren, auf welchen die Empfindungsvorgänge einherschreiten, wir aber zu wissen wünschen, welches die gesammte Reihe der Theile ist, welche dabei in Betracht kommen, so ist zu bemerken, dass die bisherige Kenntniss sich nur auf Tastempfindungen und Schmerzgefühle erstreckt. Für die Gesichts-, Gehör-, Geschmack- und Geruchsempfindungen sind solche Orte nicht bekannt, selbstverständlich abgesehen von denen, welche sich aus unserer jetzigen Kenntniss über den Verlauf der den letzteren Empfindungen dienenden Fasern innerhalb des Gehirns etwa erschliessen lassen. Wir bemerken bei dieser Gelegenheit, dass die anatomische Methode, welche es sich zur Aufgabe macht, den Faserverlauf der Empfindungsnerven innerhalb des Gehirns zu verfolgen, uns zwar manchen Aufschluss über die uns jetzt vorliegende Frage geben kann, dass sie uns aber keineswegs der Prüfungen auf experimentellem und pathologischem Wege überheben darf; denn wir wissen eben nicht, ob die sämmtlichen, einem Empfindungsvorgange bis zu seinem Abschluss dienenden Glieder ausschliesslich faseriger Natur sind oder nicht. Es ist dies um so mehr zu beherzigen, als Erfahrungen vorliegen, welche andeuten, dass die Wege für sehr verwandte Empfindungen innerhalb des Gehirns sehr auseinander gehen, selbst wenn wir Grund haben für die Annahme, dass sie an

---

*) E. H. Weber: Artikel Tastsinn und Gemeingefühl in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. S. 517.

den peripherischen Körpertheilen durch dieselben Nerven erzeugt werden. Es ist daher klar, dass zur Ermittelung der verschiedenen Empfindungsglieder innerhalb des Gehirns das Experiment oder pathologische Erfahrungen Aufschluss geben müssen, da die Kenntniss des anatomischen Verlaufs einer Faser nichts über die Art der Empfindung aussagt, welche durch sie vermittelt wird. Hierher gehören folgende Thatsachen. Viesseux beobachtete bei einer Lähmung an sich, dass er auf der rechten Seite des Gemeingefühls beraubt war, während der Tastsinn daselbst unversehrt geblieben. Beau hat ähnliche Erfahrungen an einem Kranken gemacht, welcher an Bleicachexie litt. In beiden Fällen lag die Ursache im Gehirn, denn es waren keinerlei Anzeichen von Erkrankung der peripherischen Nervenstämme vorhanden. Hieran reihen sich die Erfahrungen der Chirurgen: Gerdy, Malgaigne, Velpeau, Pirogoff und Roser, denen zufolge in der Aether- und Chloroformnarkose die Patienten nicht selten das Vermögen, Berührungen zu empfinden, behalten, während sie die Empfindung des Schmerzes eingebüsst haben. Weiter kennt man Fälle, in denen gewisse Glieder des Körpers ihren Tastsinn und das Vermögen, Schmerz zu empfinden, eingebüsst hatten, dagegen noch im Besitze ihres Muskelsinnes waren. Endlich sind auch Beispiele bekannt, welche beweisen, dass bei vollständigem Mangel des Tastsinns das Muskelgefühl, das Schmerzgefühl und der Wärmesinn erhalten sein können *). Bekanntlich sind die letzteren Erscheinungen diejenigen, welche in der Pathologie unter dem Namen der *partiellen Empfindungslähmungen* gehen. Mit diesem kargen Resultat über den Sitz der bewussten Empfindungen und die Orte, wo wichtige Glieder derselben liegen, muss zur Zeit die Experimentalphysiologie abziehen. Von den letzteren lassen sich noch eine Anzahl von Eigenschaften angeben, die mit Wahrscheinlichkeit oder Sicherheit von dem Gehirne abhängen und daher einer Mittheilung werth sind. Von diesen sind folgende aufzuzählen: a) Von einem grossen Theile der Empfindungen, nämlich denjenigen, welche wir ächte Sinnesempfindungen zu nennen pflegen, ist erwiesen, dass das Gehirn die Ursachen, welche die Empfindungen erzeugen, ausserhalb des Körpers sucht. Von diesen ist ferner bekannt, dass das Gehirn diese Thätigkeit nur dann ausübt, wenn die peripherischen Endorgane der Sinnesnerven, durch welche die eigentlichen Sinnesempfindungen entstehen, ungestört functioniren. Welche Art von Empfindung also das Gehirn schafft, hängt ganz von der Weise ab, in welcher es durch einen und denselben Nerven erregt wird. Man pflegt in Bezug auf diesen Punkt gewöhnlich

*) Vergl. z. B. Eigenbrodt: Ueber die Diagnose der partiellen Empfindungslähmungen. Virchow's Archiv Bd. XXIII.

zu sagen, das Gehirn lege die Empfindung aus, oder es verknüpfe sich mit der letzteren die Vorstellung. Dabei ist es allerdings richtig, dass dieser Process so aussieht, als ob er ein ursprünglich durch die Reflexion entstandener sei, welcher sich jedoch nach und nach durch die fortwährende Uebung zu einem bewusstlosen Act gestaltet habe, welcher gar nicht mehr von der Empfindung zu trennen sei. Indess ist doch fraglich, ob das Nachaussensetzen der Empfindung diese Entstehungsweise hat; ob wirklich das, was wir hier Vorstellung nennen, ein durch Schlussfolgerungen Erworbenes ist, oder zufolge gewisser Constructionen des Gehirns von jeher diese innige Verknüpfung mit der Nervenerregung besitzt. Man wird sich beim Nachdenken über diesen Punkt nicht völlig klar; es liegt uns ein einfaches Factum vor, das zu erläutern weitere Erfahrungen fehlen. Von Jugend auf Erblindete sollen jedoch auch noch die leuchtenden Druckfiguren nach Aussen setzen, was andeuten würde, dass zu dieser Eigenschaft das Auge nicht erst erzogen zu werden braucht. b) Damit die erregten Nerven Empfindungen in dem Gehirn auslössen, muss das Gehirn, wie wir uns gewöhnlich ausdrücken, seine Aufmerksamkeit auf die bezüglichen Nervenerregungen richten. Concentration der Gehirnthätigkeiten nach irgend einer Richtung hin, wie geistige Vertiefung in einen Gegenstand, angestrengte Aufmerksamkeit auf irgend eine bestimmte Empfindung, lassen eine Menge von in den Empfindungsnerven erregten Innervationsvorgängen gar keine Empfindungen im Gehirn auslösen. Man hat daher wohl behufs der Bezeichnung dieser Zustände von unbewussten Empfindungen gesprochen, ein Ausdruck, welcher aber keine Empfehlung verdient, da unter diesen Umständen keinerlei Anzeichen von der Existenz einer im Gehirn vor sich gehenden Bewegung vorliegt. c) Manche Empfindungen bestehen noch eine geraume Zeit nach Entfernung des objectiven Erregers der Empfindungen fort. Bekanntlich nennt man derartige Erscheinungen *Nach*empfindungen. Nicht alle Sinnesnerven scheinen aber zu ihrer Erzeugung in gleichem Grade geeignet zu sein. Am leichtesten kommen sie durch den *Sehnerven* zu Stande. Durch Versuche von Fechner, Plateau, Bruecke, d'Arcy, Cavallo und Andern, deren weitere Mittheilung einer Physiologie des Sehens anheimfällt, sind die Nachbilder in den mannigfachsten Beziehungen untersucht und namentlich die Zeit ihres Beharrens als abhängig von der *Intensität* des Lichteindrucks und der *Dauer* seiner Einwirkung dargethan worden. Nächst dem Sehnerven sind die *Gefühlsnerven* mit dieser Eigenschaft in hohem Grade begabt. Nicht zu gedenken der zahlreichen Erfahrungen des gewöhnlichen Lebens, welche dies zu beweisen scheinen, lässt sich dies durch einen besondern Versuch darthun. Dieser ist aber um so wichtiger, als die vorigen nicht frei von dem Einwand

sind, es möchte das Nachgefühl durch eine *fortdauernde Reizung* der Nerven zu Stande kommen, welche die in der Nachbarschaft derselben liegenden und zumeist veränderten Gewebe auf sie ausüben. Jenen Versuch führt man in folgender Weise aus. Man legt sich an einem Finger eine kleine Hautwunde an und schaltet das betreffende Glied, nachdem man den Schmerz in Folge des Einstechens hat vorübergehen lassen, in den Kreis einer constanten Kette so ein, dass in ihm der Strom aufsteigt. Die positive Electrode und der wunde Finger tauchen hierbei in reines Wasser. Nachdem der Strom 5 bis 10 Minuten angedauert hat, öffnet man die Kette. Man empfindet hierbei in der Wunde einen Schmerz, welcher erst einige Minuten nachher verschwindet. Die Wunde wird hauptsächlich desshalb angelegt, um die Empfindung zu localisiren und sie somit bestimmter aufzufassen. Obschon wir diese Eigenthümlichkeit der Empfindungen hierher setzen, so muss doch von ihr bemerkt werden, dass sich für sie am allerwenigsten beweisen, ja sogar nur wahrscheinlich machen lässt, dass sie mit einer Eigenschaft des Gehirns zusammenhänge. Der, eine etwaige Absicht der Art vorzugsweise hindernde Umstand ist die Erfahrung, dass für den motorischen Nerven in dem Ritter'schen *Oeffnungstetanus* (S. 103) ein Experiment vorliegt, welches beweist, dass der constante galvanische Strom unter gewissen Bedingungen auch noch über den Zeitpunkt seiner Unterbrechung hinaus den Nerven in den erregten Zustand versetzen kann. Im Anschluss hieran liegt es sehr nahe, die vorher beschriebene Nachempfindung im Gebiete des Gefühls auf denselben Umstand zu beziehen. Weiter sieht es auch nicht besonders kühn aus, für andere Reize im Gebiete anderer Sinneswahrnehmungen, wie namentlich solche des Gesichts, die Nachempfindung auf denselben Umstand zu beziehen. d) Viele unserer Empfindungen verknüpfen sich mit Bewegungsvorgängen und auf diese Weise werden zusammengesetzte Vorstellungen erzeugt, die so einfach aussehen, dass es sehr oft künstlicher Hilfsmittel bedarf, um sich bewusst zu werden, welche verschiedenen Elemente mit in ihre Bildung eingehen. Hierher gehören namentlich, wie die Physiologie des Gesichtssinnes näher erörtert, die Vorstellungen von der Grösse, Entfernung und Ruhe oder Bewegung der gesehenen Gegenstände, indem nachweislich dieselben ausser von dem auf der Retina erzeugten Bilde noch von der grösseren oder geringern Anstrengung des Accommodationsapparates und der durch die Augenmuskeln bedingten Convergenz der Sehaxen abhängen. Auch für den Tastsinn sind, wie E. H. Weber hervorhob, solche Erscheinungen bekannt; es gehört dahin der Umstand, dass die Schätzung der Entfernung zweier Punkte im Raum mit Hilfe der Tastnerven schärfer ausfällt, wenn die tastenden Flächen

sich bewegen, als wenn sie sich in Ruhe befinden. Diese Erfahrungen setzen eine sehr innige Verknüpfung der sich hier gegenseitig unterstützenden Nervenelemente innerhalb des Gehirns voraus. Von derselben wissen wir jedoch bis jetzt sehr wenig; bedeutungsvoll genug ist jedoch die gleichfalls von E. H. Weber zuerst betonte Thatsache, dass die für den Tastsinn der Glieder so wichtigen Stellen des Gehirns dieselben sind, welche den willkührlichen Bewegungen derselben dienen, oder ihnen doch sehr nahe liegen. Ausser dem Mitgetheilten kann kaum noch etwas Allgemeines über die Empfindungen gesagt werden, auch scheint für die nächste Zeit keine Aussicht vorhanden zu sein, die fundamentalen Lücken auszufüllen. Daher hat dann auch die Physiologie bisher allen Fleiss darauf verwandt, die verschiedenen Empfindungserscheinungen selbst innerhalb eines jeden einzelnen Sinnes in den mannigfaltigsten Bezügen zu beschreiben und zu erläutern. Doch gehört der reiche und interessante Inhalt dieser Theile der Physiologie nicht hierher.

Nicht besser steht es mit unserer Kenntniss der *willkührlich motorischen* Erregungen. Wie sie entstehen, ist zur Zeit noch ebenso ein Räthsel, als die Bildung der Empfindungen. Indess ist auch hier bereits der Versuch gemacht, durch Experimente und Beobachtungen Einiges über die *Eigenschaften dieser Erregungen* sowohl, als auch über die *Lagerung für sie wichtiger Glieder innerhalb des Gehirns* zu erfahren.

In erstere Beziehung ist zunächst an die alltäglich sich darbietenden Wahrnehmungen zu erinnern, dass die Willkühr der Bewegungen ihre Grenzen hat. Dies zeigt sich darin, dass eine ganze Anzahl musculöser Gebilde, wie der Magen, der Darm, das Herz und viele andere, ihr durchaus nicht unterthan sind, andere aber nur in Gemeinschaft mit nachbarlichen erregt werden können. Diese und ähnliche Wahrnehmungen sind aber wenig werthvoll; sie stehen ausser allem Connex mit anderen Erscheinungen des Hirnlebens und gestatten keinen Schluss auf weitere Eigenschaften desselben. Wichtiger sind für uns die folgenden Experimente, welche zum mindesten einige sichere Schlüsse über die Natur der durch die Willkühr erregten Innervationsvorgänge gestatten. Wer nicht daran gewöhnt ist, sich die Bewegungserscheinungen des menschlichen Körpers so einfach als die Folgen physikalischer Bedingungen, wie auch die übrigen Phänomene der Welt geschehen, vorzustellen, der mag wohl die Frage aufwerfen können, ob dann wirklich die der willkührlich motorischen Erregung in den Nerven zu Grunde liegenden Bewegungen identisch mit denen seien, welche wir durch unsere künstlichen Reizmittel in denselben hervorrufen. Ihm diene zur Antwort, dass dem so sei und dass sich dies auf die folgende Art beweisen lasse. Wir beginnen diesen Beweis mit der Analyse eines

Vorganges, der, insofern er seinen Ursprung in den Centralorganen hat, zwar nicht vollkommen *identisch* mit der willkührlichen motorischen Erregung genommen werden kann, der aber eben weil er von centralen Nerventheilen ausgeht, kein rein künstliches Reizungsphänomen darstellt. Wir meinen die in der Form der Krämpfe erregten Muskelzusammenziehungen und die ihnen zu Grunde liegenden Vorgänge im Nerven. Von letzteren weiss man, dass sie in denselben moleculären Veränderungen der Nervensubstanz bestehen, als die sind, welche wir bei den uns zu Gebote stehenden äusseren Reizmitteln hervorrufen. Präparirt man nämlich den ischiadischen Nerven eines in der Weise befestigten Frosches, dass man ein Stück des ersteren in den Multiplicatorkreis aufnehmen kann, und erregt man durch eine Gabe Strychnin die Centraltheile des Thieres, in Folge wovon bekanntlich allgemeine Krämpfe durch Wirkungen der Centralorgane, und nicht durch etwaige directe Reizung der Nerven durch das Gift, entstehen, da letzteres, auf die Nerven selbst angewandt, keine Muskelzusammenziehungen hervorruft, so zeigt der von dem Nervus ischiadicus in den Multiplicator abgeleitete Nervenstrom eine negative Schwankung, ganz so, als wenn jener künstlich erregt worden wäre. Vollständiger wird aber noch die Identität der durch die Willkühr erregten Innervationsvorgänge mit den auf andre Art erzeugten dadurch dargethan, dass wir zeigen können, wie eine auf die erste Weise eingeleitete Muskelzusammenziehung alle Charactere einer durch die zweite Methode erhaltenen besitzt, woraus dann mit Nothwendigkeit auch auf eine gleiche Beschaffenheit der beiden zu Grunde liegenden Nervenerregungen zurückgeschlossen werden muss. So scheinbar stetig nämlich eine willkührliche Muskelzusammenziehung zu verlaufen scheint, so ist sie doch, gleich einer künstlich erregten, *discontinuirlicher* Art. Zwar vermögen wir, wie es nahe zu liegen scheint, dies nicht auf die Weise nachzuweisen, dass wir willkührlich sich contrahirende Muskeln, etwa die des Armes, zum Kreise schliessen und in denselben einen rheoscopischen Froschschenkel in der Absicht aufnehmen, ihn durch die discontinuirliche Abnahme des Stromes der Muskeln während ihrer Zusammenziehung zur Zuckung zu bringen, also *die secundäre Zuckung vom Muskel* aus durch die willkührliche Zusammenziehung hervorzurufen, da die auf diese Weise in Circulation gesetzten Ströme wegen der vielen Nebenschliessungen des Muskelstromes durch die feuchten Gewebe und des grossen Widerstandes der Haut zu schwach sind, um Zuckungen hervorzurufen; aber wir sind im Stande, die Discontinuität im Verlaufe der Muskelzusammenziehung durch die folgenden acustischen Erscheinungen während derselben ausser allem Zweifel zu setzen. Wenn man nämlich die menschlichen Muskeln mit Hilfe von Inductionsapparaten tetanisirt, so

geben jene mittelst des Stethoscops, oder wenn es Kopfmuskeln, wie z. B. der Masseter, sind, auch ohne dieses, bei verschlossenen Ohren wahrnehmbare Töne oder Geräusche, deren Höhe genau mit der Schwingungszahl coincidirt, welche der Feder des Inductionsapparates zukommt*). Zu solchen Versuchen eignet sich besonders der S. 105 beschriebene Halske'sche Apparat, welcher je nach der Stellung seiner Feder bald langsamer, bald schneller schwingt. Man kann also aus dem Muskelton auf die Zahl der Unterbrechungen des Erregungsmittels zurückschliessen. Ebenso hört man nun auch Töne bei der willkührlichen Zusammenziehung einzelner Kopfmuskeln, wie namentlich des Kaumuskels. Es muss daher ihre Erregung gleichfalls eine *unterbrochene* gewesen sein, wie es die künstliche war. Gleichzeisig aber erfährt man aus der verhältnissmässig geringen Höhe des Tones der durch die Willkühr erregten Muskeln, welche nur einigen dreissig Schwingungen in der Secunde entspricht, dass in dieser Beziehung das Gehirn weit hinter den Leistungen unserer Inductionsapparate zurückbleibt.

Die für die willkührlichen motorischen Erregungen wichtigen Stellen des Gehirns haben sich zum Theil aus klinischen Beobachtungen, verbunden mit den bezüglichen Sectionen, zum Theil aus den Experimenten an den Gehirnen lebender Thiere ableiten lassen. Durch die ersteren ist der wichtige Satz festgestellt worden, dass dieselben Theile der Hemisphäre, welche wir vorher als für die Empfindung wichtige Glieder kennen lernten, auch solche für die Bewegung sind, indem die Anästhesien, welche einer Zerstörung derselben folgen, stets mit mehr oder minder ausgebreiteten Lähmungserscheinungen an denselben Theilen verbunden sind. Die Experimente an Thieren haben nach und nach noch auf folgende andere Theile hingewiesen, nämlich: *α.* auf die *Cerebrospinalflüssigkeit.* Mit der chemischen Zusammensetzung derselben oder mit der unmotivirten Behauptung, dass durch sie das Gehirn wesentlich an Gewicht verliere, oder mit anderen Angaben über ihre Bedeutung haben wir hier Nichts zu thun; wir haben uns zu fragen, ob sich wirklich hat erweisen lassen, dass sie eine Bedeutung für die geordnete, willkührliche motorische Erregung habe. Die Behauptung, dass dem so sei, wurde zuerst von Magendie **) aufgestellt und zu begründen gesucht. Andere ***) Forscher konnten zwar nach Entleerung derselben gleichfalls

*) Helmholtz: Versuche über das Muskelgeräusch. Herrmann's med. Centralblatt. Nr. 36. 1864. S. 565.

**) Magendie: Physiologische und klinische Untersuchungen über die Hirn- und Rückenmarksflüssigkeit. Aus dem Franz. übersetzt von G. Krupp. Leipzig 1842.

***) z. B. Longet: Annales medico-psychologiques; tom. VI. Paris 1845. p. 157.

mehr oder weniger durchgreifende Störungen in der Haltung und dem Gange der betreffenden Geschöpfe beobachten, beziehen aber diese Folgen auf den Wegfall der Thätigkeit der Muskeln, welche bei der Operation durchschnitten werden, um zwischen Atlas und Hinterhaupt die Hirnhäute durchschneiden zu können. Ich selbst habe den Versuch gleichfalls mehrmals wiederholt, habe aber von den angegebenen Erscheinungen sehr wenig oder gar Nichts sehen können, so dass ich zu dem Glauben neige, dass die Cerebrospinalflüssigkeit in der fraglichen Beziehung sehr unschuldiger Natur sei. In meinen Versuchen trug ich von den Nackenmuskeln nur so viel ab, um bequem zwischen Hinterhaupt und Atlas auf die Häute der Centralorgane eindringen zu können. Diese eröffnete ich erst dann, nachdem die Blutung gestillt war. Nach der Entleerung der Cerebrospinalflüssigkeit legte ich auf die Oeffnung ein kleines Schwämmchen, damit, wenigstens in der ersten Zeit, kein Blut unter die Häute laufen sollte und verschloss hierauf die ganze Wunde. Die Thiere waren sehr munter, bewegten den Kopf nach allen Seiten, beleckten sich etc. Alles scheint mir davon abzuhängen, mit welcher Vorsicht, Geschicklichkeit und Glück die Operation ausgeführt wird. Schon die Verschiedenheit der Resultate, welche von den Beobachtern berichtet wird, nimmt gegen die Angabe von Magendie ein. Was soll man dazu sagen, wenn von ihm bald diese, bald jene Erscheinung als eintretend berichtet wird; wenn in dem einen Fall Rotationen um die Längsaxe dabei vorkommen sollen, von denen wir wissen, dass sie durch die Läsion gewisser Hirntheile erzeugt werden können, in einem anderen davon nichts beobachtet wird, und wenn sogar der Hund wasserscheu und ein bissiger Fuchs braver wird! Wer kann heut zu Tage noch solche Angaben für physiologische Beobachtungen ausgeben? β. auf die *Brücke,* die *Grosshirnschenkel,* verschiedene *Schenkel des kleinen Gehirns* und Theile des *verlängerten Marks.* Man findet nämlich bei der Reizung oder Zerstörung dieser Theile je nach den Umständen krampfhafte Zuckungen, Lähmungen in grösseren oder kleineren Muskelabtheilungen, oder ganz auffallende Störung in der Coordination der Bewegungen.

Die bisherigen Untersuchungen über den Einfluss einzelner Hirntheile auf einzelne, wenig ausgedehnte Muskelgruppen sind sehr mangelhaft. Dies gilt insbesondere von denjenigen Angaben, welche die Erfolge der *Reizung* gewisser Hirntheile beschreiben; denn viele derselben beziehen sich auf electrische Erregungen, für welche nicht die nothwendigen Garantieen, dass sie sich nur auf diejenigen Theile erstreckten, welche man zu reizen beabsichtigte, vorliegen. Wir setzen, jedoch mit Auswahl, ein paar der wichtigsten Angaben hieher. Selbstverständlich können dabei nur solche Muskeln berücksichtigt werden, welche im gewöhnlichen

Leben unter der Herrschaft des Willens stehen. Bei Reizungen der Vierhügel beobachtete man Bewegung des Auges und der Iris; in der Regel treten die Wirkungen kreuzweise auf. Reizungen der Streifen- oder Sehhügel erzeugten Zuckungen in den Muskeln der ungleichnamigen Gesichtshälfte, und bei electrischer Ansprache des Streifenhügels soll sich zu jenen noch das Zwerchfell gesellen. Bei scheibenweiser Abtragung des vorderen Gehirnlappen giebt man an, lebhafte Bewegungen in den Vorderbeinen gesehen zu haben etc. *). Die neuere Zeit hat sich dieser Art von Versuchen wenig zugewendet; es verdienen aber dieselben in ernsten Angriff genommen und in Verbindung mit den über die feinere Anatomie des Gehirns bekannt gewordenen Fortschritten studirt zu werden. — Nicht immer aber gestaltet sich der Einfluss verschiedener Hirntheile so einfach; die der Zerstörung eines Hirntheils folgenden Bewegungen nehmen unter Umständen einen complicirteren Character an. Hierher gehören vorzugsweise die gewöhnlich als *Zwangsbewegungen* beschriebenen Erscheinungen. Sie bestehen darin, dass nach Verletzung gewisser Hirntheile die Thiere, wie von fremden Mächten getrieben, immer nur eine bestimmte Bewegungsform, stets aber mit ungewöhnlicher Energie, ausführen. Es ist wahr, dass die hierher gehörigen Versuche noch nicht mit den feinen und scharfen Methoden haben behandelt werden können, die wir in anderen Gebieten der Nervenphysiologie und der Physiologie überhaupt anzuwenden verstehen; es würde aber Unrecht sein, dieselben zu verschweigen. Von den Zwangsbewegungen sind folgende *exquisite Formen* beobachtet. *α. Die Drehung um die Längsaxe des Körpers.* Magendie **) und Flourens ***) haben diese Bewegungen beobachtet, wenn sie einen Längsschnitt in die Brücke seitlich von der Medianlinse machten. Höchst wahrscheinlich ist damit dieselbe Drehung identisch, welche man, einer Beobachtung von Serres †) und Experimenten von Magendie ††) und Flourens †††) gemäss, beobachtet, wenn man die mittleren Kleinhirnschenkel, die crura cerebelli ad

*) Man vergleiche hiermit die neueren Angaben von Renzi: Saggio di Fisiologia sperimentale sui centri nervosi della vita psychica etc. Annali universali di med. Vol. CLXXXVI, CLXXXVII et CLXXXIX. Sie sind in wenig Uebereinstimmung mit den obigen Angaben.

**) Magendie: Elements de physiologie, tome I. p. 412. Paris 1836.

***) Fleurens: Récherches experimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux p. 489. 2e edit. Paris 1822.

†) Serres in Magendie: Journal de physiologie experimentale. tome III. p. 135. 1823.

††) Magendie: ibidem tome IV. p. 400. 1824.

†††) Flourens: Récherches experimentales etc. p. 489. 2e edit. Paris 1844.

pontem, einschneidet, da die anatomischen Untersuchungen lehren, dass die oberflächlichen queren Brückenfasern in unmittelbarer Continuität mit denen der mittleren Schenkel des kleinen Gehirns sind. Für die Theorie der Zwangsbewegungen ist eine Beobachtung von Magendie bedeutungsvoll, die darin besteht, dass die Drehung nach einem Schnitt in einen der mittleren Kleinhirnschenkel aufgehoben werden soll durch nachfolgende Durchschneidung des anderen. Bestätigungen dieses Versuches liegen von Hertwig *) vor. Eine andere Form desselben ist der Wegfall der Längsdrehungen bei einem Schnitt genau in die Medianlinie der Brücke, die Magendie gleichfalls beobachtet haben will. Es ist einige Differenz über den Sinn, in welchem sich das operirte Thier dreht. Magendie sagt, es gehe die Rotation von der gesunden nach der kranken Seite hin. Longet **), Serres etc. haben die entgegengesetzte beobachtet. β. *Die Reitbahnbewegung.* Longet ***) beobachtete diese Bewegungsform, wenn er einen der Grosshirnschenkel unmittelbar nach seinem Austritt aus der Brücke verletzte. Das Thier führte dann eine kreisförmige Bewegung aus, bei welcher die kranke Seite nach aussen gerichtet war. Magendie und Lafargue †) sahen dieselbe Bewegung, ersterer bei Verletzung des Theiles des verlängerten Markes, welcher unmittelbar nach Aussen von den vordern Pyramiden liegt, letzterer beim Einschneiden in einen der *Sehhügel.* Aber auch hier scheint es, als habe Magendie die kreisförmige Bewegung in einem andern Sinn beobachtet. Purkinje und Krauss ††) machten dieselbe Wahrnehmung, wenn sie die Vierhügel auf einer Seite verletzten. γ) *Die Halbmesserdrehung.* Dies ist eine Bewegung, bei welcher das Thier sich um einen Hinterfuss als Stütz- und Drehpunkt bewegt. Man will sie bei Durchschneidung eines Grosshirnschenkels in der Nähe der Brücke beobachtet haben und zwar so dicht, dass noch das vorderste Ende der letzteren mit verletzt wurde †††). δ) *Die Bewegung geradeaus, vor- oder rückwärts.* Die ersteren sieht man

---

*) Hertwig: Experimenta quaedam de effectibus laesionum in partibus encephali. Berol. 1826. S. 22.

**) Longet: Anatomie et Physiologie du système nerveux. tome I. p. 434. Paris 4842.

***) Longet l. c. p. 437.

†) Lafargue: Essai sur la valeur des localisations encephaliques, sensoriales etc. Thèse inaug. Paris 1838.

††) Krauss: de cerebri laesi ad motum voluntarium relatione etc. Vratislaviae 1844. S. 34, 35.

†††) Schiff: de vi motoria baseos encephali pag. 22.

nach vollkommener Ausrottung der beiden Streifhügel; die letztere versichern viele Beobachter nach Wegnahme des kleinen Gehirns gesehen zu haben.

Bis jetzt ist noch wenig mit diesen Bewegungen anzufangen; erst wenn ihnen ein sorgfältigeres Studium zu Theil geworden sein wird, können sie wahrhaft zur Vervollkommnung unserer Vorstellungen über die physiologischen Leistungen des Gehirns beitragen.

Wir haben bei den vorigen Mittheilungen hier und da Kenntniss von der Topographie einzelner, für die willkührliche motorische Erregung und bewusste Empfindung wichtiger Glieder genommen, aber über deren Verknüpfung unter einander ist uns Nichts bekannt geworden. Eine solche muss jedoch bestehen, da beide Vorgänge in dem *einen* Bewusstsein zusammenhängen. Daher muss jede Thatsache, oder auch nur die Aussicht auf Erwerbung einer solchen, verzeichnet werden, welche in der fraglichen Beziehung Aufklärung verspricht. In dieser Hinsicht nun machen wir auf die Existenz des Muskelsinnes und die Erfahrungen aufmerksam, welche bei den Versuchen über das kreuzweise Zusammenheilen motorischer und sensitiver Nerven etwa zu erhalten sind. Was den Muskelsinn anlangt, so wird durch ihn bewiesen, dass derselbe Nerve, welcher dem Willen die von ihm verlangte Zusammenziehung des Muskels bewirkt, auch unmittelbar dem Bewusstsein Kunde von der Grösse des dabei gefundenen Widerstandes bringt und dadurch den ersteren veranlasst, darnach die Grösse der Nervenerregung zu bemessen. Da kein Beispiel bekannt ist, dass der Muskelsinn bei bestehender Fähigkeit der Muskelcontraction verloren gegangen wäre, so müssen die beiden Vorgängen innerhalb des Gehirns dienenden Substanzen entweder ein und dieselbe sein, oder doch örtlich unendlich nahe bei einander liegen; denn wären sie räumlich weit von einander entfernt, so wäre wohl zu erwarten, dass bei den mannigfachen Formen der Hirnläsionen, welche von der Pathologie und Experimentalphysiologie gekannt sind, Fälle zur Beobachtung gekommen wären, welche auf eine solche Anordnung hingewiesen hätten. Bei den Versuchen über das kreuzweise Zusammenheilen motorischer und sensitiver Nervenfäden hat man bisher die hier berührte Beziehung zu sehr ausser Acht gelassen; man stellte sie wesentlich um des Zweckes willen an, die doppelsinnige Leitungsfähigkeit der Nervenfaser noch von andrer Seite, als der Nervenphysik, her zu beweisen. Meines Wissens ist sie nur von Philippeau und Vulpian *) etwas berührt worden. Beide

*) Philippeau et Vulpian: Récherches sur le reunion bout á bout des fibres nerveuses sensitives avec les fibres nerveuses motrices Comptes rendus. Tome LVI. pag. 56.

geben nämlich an, dass bei Hunden, deren centraler Theil des Lingualis mit dem peripherischen des Hypoglossus auf einer Seite zusammengeheilt war, unmittelbar nach der Durchschneidung des Hypoglossus der anderen Seite die Zunge nicht mehr hervorgestreckt werden konnte; mit anderen Worten, es konnte die Zungenmuskulatur, obschon der Hypoglossus einer Seite leistungsfähig mit dem Hirnende des Lingualis zusammengeheilt war, doch vom Gehirn aus nicht in Bewegung versetzt werden. Nehmen wir an, diese Versuche seien richtig, so würden sie darauf hindeuten, dass die durch den Lingualis vermittelten Empfindungen und die durch den Hypoglossus geschehenden willkührlich motorischen Wirkungen innerhalb des Gehirns durch Glieder oder in der Weise zusammenhängen, dass von ihrem gemeinsamen Punkte im Bewusstsein aus nicht jeder der beiden gedachten Nerven in doppelter Richtung erregbar sei. Für einen mit dem peripherischen Ende des Lingualis uzsammengeheilten centralen Hypoglossusstumpf sind keine analogen Erfahrungen bekannt. Jedenfalls sind weitere Versuche in dieser Richtung anzustellen; denn sie versprechen zum mindesten einige Aufklärung über den Modus, nach welchem innerhalb des Gehirns der Empfindung und der willkührlichen Bewegung dienende Glieder mit einander verbunden sind.

Die automatischen Thätigkeiten des Gehirns sind der Zahl nach gering, bezüglich ihrer Tragweite aber für das Bestehen des Organismus von fundamentaler Bedeutung. Die Bezeichnung selbst ist keine sehr zweckmässige; man will damit sagen, dass gewissen Hirntheilen eine Art Thätigkeiten zukomme, von denen weder zu erweisen sei, dass sie durch den Willen erzeugt würden, noch dass sie als unmittelbare Folgen äusserer Reize auftreten. Wenn nun auch diese Aeusserungen der Hirnmasse spontan auftreten, und also ihre Ursachen nicht so unmittelbar der Anschauung zugänglich sind, so muss man sich doch zeitig daran gewöhnen, jenen Ausdruck nur für einen provisorischen zu halten, welcher in dem Masse bedeutungsloser wird, als es der Physiologie gelingt, den Complex von Ursachen aufzudecken, durch deren Zusammenwirken jene *Automatie* zu Stande kommt. Als automatische Thätigkeiten des Gehirns führt die Physiologie zur Zeit die *Athembewegungen* und gewisse *Schluckbewegungen* auf, für deren Zustandekommen sie bis jetzt nicht die Anwesenheit eines äusseren Reizes für nothwendig erkannt hat. Da von den letzteren nicht mehr als ihre Existenz und selbst diese nur zweifelhaft bekannt ist, so beschäftigen wir uns nur mit den ersteren.

Erfahrungsgemäss hängen die Athembewegungen dergestalt vom Gehirn ab, dass sie nach der Zerstörung einer bestimmten Stelle in

demselben sofort cessiren. Obgleich man schon durch Galen *) und Lorry **) im Allgemeinen auf den Hirntheil hingewiesen war, welcher mit der wichtigen Function, die Athembewegungen zu unterhalten, betraut ist, so haben doch erst Legallois ***) und Flourens †) seine Lage und Ausdehnung schärfer bestimmt. Der Erstere giebt an, dass man das Gehirn von vorn her zu einem grossen Theile zerstören könne, ohne einen namhaften Schaden für die Athembewegungen anzurichten, dass aber diese sofort stocken, sobald man den Ursprung des Nervus vagus mittelst eines Schnittes abtrenne. Der Letztere, welcher diesen überaus wichtigen Punkt des Gehirns *point central* oder *noeud vital* nannte, sagte in seiner älteren Mittheilung, welche sich auf das Kaninchen bezieht, dass dieser unmittelbar unter dem Ursprung des Vagus beginne und sich von hier aus etwa drei Linien abwärts erstrecke. In einer spätern Arbeit bestimmt er jene Stelle folgendermassen: „La limite superieure passe sur le trou borgne; la limite inferieure passe sur le point de jonction des pyramides posterieures“, oder: „la place du point vital est la place marquée par la pointe du V de substance grise.“ Diesen Angaben ist von Keinem der späteren Physiologen widersprochen worden. Das Centralorgan der Athembewegungen ist in Bezug auf den Rhythmus seiner Wirkungen manchen Wandelbarkeiten unterworfen; der Wille, äussere Reize und vornehmlich der Gasgehalt des dasselbe durchströmenden Blutes ändern augenscheinlich die Athemfolge ab. Die Abänderungen derselben durch den Willen bestehen in Verlangsamungen und Beschleunigungen einzelner oder beider Phasen der Athembewegungen, scheinbar ohne Ordnung und Regel, wie es dem Eigensinn desselben beliebt, und der nur eine Grenze in der Beschränktheit der Leistungen der Mechanismen findet, welche die Athembewegungen ausführen. Von äusseren Reizen scheint jeder, sobald er einen Empfindungsnerven trifft und nur einige Intensität besitzt, Aenderungen in den Athembewegungen hervorrufen zu können. Eine methodische, auf alle sensitiven Nerven ausgedehnte Untersuchung dieser Art fehlt jedoch noch. Es gehören aber hierher die Wahrnehmungen, dass Reizungen der Hautnerven tiefe Inspirationen hervorrufen, und solche der sensitiven Nasenzweige des Trigeminus Niesen erzeugen. Unter allen Nerven des

---

*) de anatom. administ. lib. VIII. cap. IX. p. 696, 697. edit. de Kühn. Leipz. 1821.

**) Academie des sciences; mémoires des savants étrangers. tome III. p. 366.

***) Oeuvres complètes. tome I. p. 366. Paris 1830.

†) Récherches experimentales sur les proprietés et les fonctions du système nerveux; 2e edition p. 181; Comptes rendus 1827 et 1851.

thierischen Organismus steht aber keiner, wie es scheint, in innigerem Verkehr mit dem Centrum der Athembewegungen, als der Nervus vagus; von den durch ihn bewirkten Aenderungen der Athembewegungen soll jedoch erst später bei der speciellen Physiologie dieses wichtigen Nerven die Rede sein. Was endlich die Art und Weise betrifft, in welcher der Gasgehalt des Blutes die automatische Wirkung des Athmungscentrums bestimmt, so sind folgende Erfahrungen gemacht worden. Vorher muss jedoch bemerkt werden, dass nicht durch alle hierher gezogene Versuche streng erwiesen ist, dass ein veränderter Gasgehalt des Blutes die ihm folgenden Aenderungen der Athembewegungen lediglich durch seine directe Wirkung auf das Centralorgan der Athembewegungen zu Stande bringe, indem in manchen diejenigen Umstände, von denen nachweisslich die zeitliche Vertheilung der Athembewegungen mit abhängt, wie die vorher erwähnten Hautnerven und der Nervus vagus, in ihrer Verbindung mit der Medulla oblongata nicht gelöst waren, also auch durch sie hin das veränderte Blut auf die erstere wirken konnte. Man weiss nun, dass es wesentlich der Sauerstoffgehalt des Blutes und weniger die Kohlensäure desselben ist, welcher den Athmungsrhythmus bestimmt. Zufolge verschiedener Erfahrungen von Traube *), Rosenthal **) und W. Müller ***) erzeugt Mangel des Sauerstoffs beschleunigte Athembewegungen, wesshalb man die Beziehung dieses Blutbestandtheils zum verlängerten Mark jetzt gewöhnlich so ausdrückt, dass sein Mangel Reiz, sein reichliches Vorhandensein Hinderniss für die Anregung der Athembewegung sei. Zur Verhütung von Missverständnissen muss jedoch noch hinzugefügt werden, dass, wenn die Armuth an Sauerstoff eine gewisse Grenze überschreitet, wieder Verlangsamung der Athembewegungen eintritt, vielleicht desshalb, weil den Athmungsmechanismen die gebührende Krafterzeugung fehlt, und dass ferner, wenn die vorhandene Sauerstoffmenge so weit herabsinkt, dass die zum Leben nothwendigen chemischen Vorgänge nicht mehr stattfinden können, die Athembewegungen vollständig erlöschen. Dagegen zeigt sich, unter der Voraussetzung natürlich, es fehle dem Blute überhaupt nicht an dem zum Leben nöthigen Sauerstoff, dass die Kohlensäure im Blute beträchtlich steigen kann, ohne dass eine Aenderung in der Athemfolge eintritt. Traube

---

*) Marcuse: de suffocationis imminentis causis et curatione. Berol. 1858.

**) Rosenthal: Studien über Athembewegungen. Archiv für Anatomie und Physiologie etc. Herausg. von Reichert und du Bois-Reymond. 1854. S. 456.

***) W. Müller: Beiträge zur Theorie der Respiration. Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kaiserlichen Academie der Wissenschaften. 33. Bd. S. 140. Wien 1859.

öffnete an Kaninchen die Brusthöhle, stach die Oberfläche der Lungen mit Nadeln vielfach an und trieb dann Sauerstoff, Wasserstoff oder Stickstoff durch die Lungen. Die *beschleunigten* und meist auch an Intensität tiefern Athembewegungen, welche das Thier nach Eröffnung seiner Brusthöhle zeigte, und welche Erscheinungen man gewöhnlich als *dyspnoëtische* bezeichnet, schwanden, machten also *langsamern* Athembewegungen Platz, bei der Anwendung von Sauerstoff oder atmosphärischer Luft, blieben dagegen bestehen, wenn die anderen Gase in Anwendung kamen. In beiden Versuchsarten konnten sich beträchtliche Kohlensäuremengen nicht im Blute ansammeln, da die in den Bronchialbaum abdunstenden Mengen desselben durch die Oeffnungen in der Lungenoberfläche entfernt wurden. Rosenthal zeigte, dass man Kaninchen durch reichliche Zufuhr von Sauerstoff in die Lungen vollständig *apnoïsch* machen, d. h. sie in einen solchen Zustand versetzen kann, dass sie gar keine Athembewegungen mehr ausführen. Beide Versuchsformen aber sind den oben angemerkten Bedenken ausgesetzt. Der Letztere hat daher die folgenden Abänderungen seines Versuchs ausgeführt. Er machte ein Kaninchen auf die angegebene Weise apnoïsch und klemmte dann die nach dem Kopfe gehenden Gefässe zu. Kurz darauf enstand eine Athembewegung, ihr folgten mehre andere, und endlich stellte sich Dyspnoe ein. Gab man den Kreislauf frei, so stellte sich nach einigen Athemzügen wieder Apnoe her. Man sagt sich: da hier die Störung des Kreislaufs sich augenscheinlich vorzugsweise nur auf das Gehirn bezieht, so kommt die Anregung zur Athembewegung nach Freigebung des Kreislaufs dadurch zu Stande, dass das Centrum der Athembewegung von der Einwirkung des sauerstoffreichen Blutes ausgeschlossen wird, welcher die übrigen Körpertheile unterliegen. Doch bleiben auch bei dieser Form des Versuchs noch Zweifel, da immer noch daran gedacht werden kann, dass Vagus, Hals- und Kopfnerven in Folge der geänderten Circulation andere Erregungszustände zur Medulla oblongata führen und so die Athemfrequenz bestimmen. Von diesem Einwurf aber wird der Versuch frei, wenn man nach vorheriger Trennung der hintern Wurzeln der Halsnerven das Brustmark an seinem oberen Ende trennt und beide Vagi durchschneidet. Auch dann kann man noch, wie Rosenthal gezeigt hat, die Thiere auf die angegebene Art apnoisch machen und die Apnoe durch Sperrung des Kreislaufes nach dem Kopfe lösen.

Die *reflectorischen Thätigkeiten* des Gehirns wollen wir hier nicht besonders besprechen; was von denselben zu erwähnen ist, soll später bei der Auseinandersetzung der analogen Thätigkeiten des Rückenmarks vorkommen. Damit sind jedoch noch keineswegs alle Thätigkeitsarten des Gehirns erschöpft. Es ist noch eine Klasse übrig, welche streng

genommen zu keiner der bisher erwähnten passt. Wir vermögen nämlich von gewissen Hirntheilen aus durch Reizung derselben noch eine Anzahl von Bewegungen in nicht der Willkühr unterworfenen Gebilden und andere Erscheinungen hervorzurufen, von denen man nicht weiss, durch welche Verkettung von Umständen während des Lebens die bezüglichen Nervenbahnen in Thätigkeit gesetzt werden, von denen wir aber wissen, dass sie wirklich während des Lebens vorkommen oder doch Gründe für die Annahme haben, dass sie vorkommen können. Hierher gehören :

a) Der Einfluss des Gehirns auf die *Herzbewegung.* Es ist eine alte Erfahrung, dass durch leidenschaftliche Aufregungen und Erkrankungen des Gehirns der Herzschlag modificirt werden kann. Ebenso kennt die Pathologie Erfahrungen, denen zufolge in den Kreislauf eingeführte Medicamente denselben Erfolg haben, und besondere Versuche haben dargethan, dass letzterer nicht von einer directen Einwirkung jener Mittel auf gewisse peripherische Nerven, namentlich den Nervus vagus, sondern primitiv von einer solchen auf das Gehirn herrühre; denn die Wirkungen bleiben aus, sobald man die Nerven vom Gehirn trennt. Hierzu fügt die Experimentalphysiologie die von den Gebrüdern Weber *) gefundene Thatsache, dass man durch directe Reizung der Medulla oblongata vom Vagusursprung an und ihrer Fortsetzungen bis zu den Vierhügeln hin, diese noch mit eingeschlossen, auf das Herz dergestalt wirken kann, dass eine Erregung dieser Theile je nach der Grösse des Reizes Verlangsamung des Pulsschlages oder Stillstand des Herzens in Diastole erzeugt. Es ist wichtig, anzumerken, dass bei der Reizung der Vierhügel der beschriebene Erfolg der Reizung nicht durch Stromesschleifen erzeugt wird, welche sich von diesem Punkte aus abwärts nach dem Vagusursprung hin verbreiten, da ein dicht hinter den Vierhügeln angebrachter Schnitt, welcher diese von dem verlängerten Marke trennt, die electrische Reizung wirkungslos macht, obschon die feuchte Aneinanderfügung der Schnittflächen die Ausbreitung der Stromesschleifen nicht hemmt. Von anderen Forschern wird noch angegeben, dass man auch von den Seh- und Streifenhügeln, dem Balken etc. auf das Herz wirken könne; es bedürfen jedoch diese Behauptungen einer wiederholten, critischen Prüfung.

b) *Die Bewegungen des Magens und wenigstens eines Theils der dünnen Gedärme.* Wir werden später sehen, dass man vom Lungenmagennerven aus den Magen und auch Abtheilungen des Dünndarms in Be-

*) E. Weber: Artikel Muskelbewegung in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. 2. S. 44.

wegung setzen kann. Dabei steht zu erwarten, dass wenigstens der Hirntheil, mit welchem wir den Vagus in unmittelbarer Verbindung sehen, bei einer Reizung, welche ihn trifft, denselben Erfolg habe. Dies ist auch in der Regel der Fall; es soll aber auch hier nach den Behauptungen mancher Experimentatoren noch die Reizung des kleinen Gehirns, der Grosshirnschenkel, des Seh- und Streifenhügels zu demselben Ziele führen. Nach einigen Versuchen, welche neulich Nasse *) über den Einfluss des Gehirns auf die Gedärme angestellt hat, sollen die frühern Angaben nicht richtig sein. Bei seinen Prüfungen war die eine Electrode am Antibrachium des Kaninchen befestigt, während die andere entweder in einer *Hemisphäre,* oder in einem *crus cerebri,* oder *corpus quadrigeminum* steckte. Ich selbst habe über diesen Punkt kein auf Erfahrungen sich stützendes Urtheil.

c) *Die Bewegungen von Theilen des Urogenitalapparates.* Man weiss, dass üppige Bilder der Phantasie Erection und Samenerguss erzeugen. Entsprechend dieser Thatsache sollen directe, electrische Erregungen des verlängerten Markes und des kleinen Gehirns Bewegungen der Samengänge und der Eileiter hervorrufen. Ebenso will man auch noch von jenen und ausserdem auch noch vom Sehhügel aus Zusammenziehungen in den Harnleitern bewirkt haben. Es wäre zu wünschen, dass auch diese Angaben einer erneuten Untersuchung unterworfen würden.

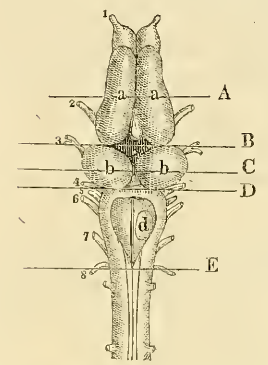
d) *Die Thatsache, dass nach der Reizung eines bestimmten Hirntheils Zucker im Harn auftritt.* Dieser Punkt verdient wegen seiner theoretischen und practischen Wichtigkeit eine ausführliche Besprechung. Der französische Physiologe Bernard **) ist zuerst auf dieses Factum gestossen. Er gab an, dass, wenn man eine bestimmte Stelle auf dem Boden des vierten Ventrikels mechanisch verletze, nach einiger Zeit Zucker im Harn auftrete. Als den bedeutsamen Ort bezeichnete er die Ursprungsstelle des Nervus vagus. Der Versuch wurde unmittelbar nachher von verschiedenen Forschern mit und ohne Erfolg wiederholt. Man machte indess bald die Beobachtung ***), dass zur Erlangung des gemeldeten Resultats nicht die ala cinerea, d. i. der Vagusursprung selbst zu zerstören sei, sondern dass man sich etwas weiter nach vorn von dem-

*) Nasse: Beiträge zur Physiologie der Darmbewegung.

**) Bernard: Comptes rendus XXXI. p. 57[illegible].

***) Uhle: Versuche über den zeitweiligen Uebergang des Zuckers in den Urin. Inauguraldissertation. Leipzig 1852. und Schrader: Ueber die Erzeugung des Diabetes bei Kaninchen durch Verletzung einer Stelle des verlängerten Marks auf dem Boden der 4. Hirnhöhle, in: Nachrichten von der G. A. Universität und der königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. März 15. Nr. 4. 1852. S. 49.

selben wenden müsse, und dass man ferner den Einstich, welchen man fortan kurz als *Diabetesstich* bezeichnete, nicht *in* der Medianlinie, sondern *neben* derselben auszuführen habe. Bei Kaninchen hat die bezügliche Stelle. eine Ausdehnung von c. 5 Mm. in die Länge und Breite und erstreckt sich vom vorderen Ende der ala cinerea bis fast dahin, wo der vierte Ventrikel die grösste Breite hat. Bei Fröschen hat der betreffende Ort die in beistehender Figur angegebene und mit d bezeichnete Lage und Ausdehnung *). Die übrigen Zeichen der Fig. beziehen sich auf die Erläuterung einer bei der Physiologie des Rückenmarks abzuhandelnden Lehre. Den Versuch führt man am Kaninchen entweder so aus, dass man nach genauer Kenntnissnahme der relativen Lage der fraglichen Stelle zu dem hinteren Theil des Schädels durch Haut und Knochen bis auf das verlängerte Mark bohrt, oder, was ich für meinen Theil vorziehe, dass man die membrana obturatoria zwischen Hinterhaupt und Atlas bloss legt, sie spaltet und dann klar den wirksamen Punkt zerstört. Verbindet man die Wunde zweckmässig und vorsichtig, so kann man die Thiere so lange am Leben erhalten, dass man zu verschiedenen Malen zu einer Untersuchung auf Zucker hinreichende Harnquantitäten erhält. Nach dem ersteren Verfahren verfährt man in der Regel so, dass man zunächst einen Schnitt in der Richtung der Pfeilnaht über den Hinterhauptshöcker macht. Unmittelbar vor diesem fühlt man zwei in einer geraden Linie nach vorn liegende Höcker. Hierauf durchbohrt man, am besten mit einem Troisquart, den Schädel zwischen der hinteren der beiden eben genannten Erhabenheiten und dem eigentlichen Hinterhaupthöcker und stösst endlich durch die gemachte Oeffnung eine Nadel nach der beschriebenen Stelle. Gewöhnlich folgen Drehbewegungen und Lähmungserscheinungen, und die Thiere überleben die Operation nur wenige Tage. Der Zucker tritt in der Regel schon nach wenigen Stunden im Harn auf, hält jedoch nicht lange an, beim Kaninchen etwa nur 24 Stunden, beim Frosch 2—3 Tage. Sobald der Zucker im Urin nachweisbar ist, pflegt sich dies durch eine grössere Helle und das Eintreten neutraler oder saurer Reaction des Harns anzukündigen. Ueber die Art und Weise, wie dieser Diabetes entsteht, ist nichts Sicheres bekannt. Zwar glaubte man im Anfange des Bekanntwerdens dieses Factums, dass die Verlangsamung der Athem-



*) Kühne: Ueber künstlichen Diabetes bei Fröschen. Inauguraldissertation.

bewegung die Ursache des Auftretens von Zucker im Blut und Harn sei, allein man kam bald von dieser Meinung zurück, da nach der Vagussection am Halse diese Erscheinungen nicht beobachtet wurden. Versuche von Schiff deuten darauf hin, dass bei diesem künstlichen Diabetes die Nervenwirkungen sich auf die Zucker bildende Leber beziehen, indem man bei Fröschen, denen man die Leber exstirpirt hat, auf die beschriebene Art keinen Diabetes mehr erzeugen kann. Man hätte sich demnach vorzustellen, dass die in die Leber eindringenden Nerven einen Sammelpunkt im verlängerten Mark hätten, und dass in Folge ihrer Reizung daselbst in der Leber sich eine grössere Menge Zucker als gewöhnlich bilde, von hier ins Blut geführt und im Harn ausgeschieden werde. Man muss aber die ganze Erscheinung als ein Reizungsphänomen auffassen, da der Zucker verhältnissmässig rasch wieder aus dem Harn verschwindet. Wäre die blosse *Trennung* der Nervenfasern von gewissen Stellen des Gehirns Ursache davon, wie ich mir die Sache früher vorstellte, so müsste die Zuckerharnruhr länger anhalten. Auch von andern Stellen des Gehirns aus, z. B. von der Brücke und den crura cerebelli, will Schiff Diabetes erzeugt haben; doch sind diese Versuche in anderen Händen bisher fehlgeschlagen *). Man vergleiche hierzu die Darstellung der Functionen des Nervus splachnicus.

Nach Bernard soll diejenige Stelle der Medulla oblongata, welche unmittelbar unterhalb der für die Zuckerbildung bedeutsamen liegt, bei ihrer Verletzung bloss vermehrte Wasserausscheidung in den Nieren zur Folge haben. Dem Verfasser ist nicht bekannt geworden, dass von andrer Seite her diese Angabe weiter geprüft worden wäre. Im Interesse der Pathologie wäre eine weitere Verfolgung dieses Gegenstandes wünschenswerth; denn diese kennt bereits eine, *diabetes insipidus* oder *polydypsie* genannte, Krankheitsform, in welcher durch die Nieren eine reichliche Wassermenge, wie im eigentlichen Diabetes es auch gewöhnlich zu sein pflegt, ausgeschieden wird, ohne dass sich jedoch Zucker in diesem Secrete findet.

§. 20.

Physiologie der Augenmuskelnerven.

Ehe wir zur ausführlichen Darlegung der Functionen der einzelnen Nervenbahnen übergehen, mag Einiges über die bisher zur Ausmittelung derselben angewendeten Methoden gesagt werden. Eine

---

*) Kühne: Notiz zur Geschichte des künstlichen Diabetes. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. 1860. S. 261.

erste Methode besteht in der *Trennung des Nerven* an irgend einer Stelle seiner Bahn. Dann kommen, da das peripherische Stück von dem betreffenden Centralorgan keinen Impuls mehr erhalten kann, gewisse Functionen in Wegfall und mit der Erkennung derselben ist die Bedeutung des Nerven am lebendigen Körper erkannt. Schon Galen hat diese Methode an verschiedenen Nerven geübt. Zur vollen Anwendung kam sie jedoch erst mit der Ausbildung der Experimentalphysiologie im Allgemeinen und der Vivisectionen im Besondern von dem zweiten Jahrzehend dieses Jahrhunderts an. Man verdankt besonders Magendie *), Eschricht **), Longet ***), Valentin ****) viele dieser Nervendurchschneidungen. Die Ausführung derselben verlangt gute anatomische Kenntniss, viel Uebung und Vorsicht im Urtheil, welche letztere namentlich nie vergisst, am Ende des Versuchs die operirte Stelle genau zu untersuchen, um zu sehen, ob die Nerventrennung vollständig war, keine Regeneration des Nerven und keine Complicationen statt gefunden haben. Eine zweite Methode, welche vor der der Durchschneidung den Vorzug hat, dass sie in einzelnen Fällen sicherer und rascher zum Ziele führt, bedient sich der *künstlichen Reizung*. Ihre Ausbildung hat sie der Entdeckung der verschiedenen Arten von electrischen Inductionsapparaten und der Erkenntniss des allgemeinen Gesetzes der electrischen Reizung zu verdanken. In ihrer Anwendung erfordert die electrische Reizung jedoch Vorsicht, wie in den Capiteln über die secundäre Zuckung vom Nerven aus und die unipolaren Inductionszuckungen auseinandergesetzt worden ist. Wo Täuschungen durch solche Umstände dem Beobachter drohen, versäume er nicht, das Resultat durch eine mechanische oder chemische Reizung auf die Probe zu stellen. Eine dritte Methode besteht darin, dass aus der *anatomischen Präparation* des Verlaufes eines Nerven und der bekannten Natur der Theile, zu denen die Nervenäste gehen, die Function eines Nervenstammes ermittelt wird. Ohne Verbindung mit einer der vorigen Methoden trägt sie nicht besonders weit, da sich einerseits die feinern Nervenfäden der directen Beobachtung entziehen, also ohne Anwendung des Experimentes der Verbreitungsbezirk der Nervenfasern nur unvollkommen bekannt wird, andrerseits aber aus dem Umstand, dass ein Nervenfaden in ein bestimmtes Organ bekannter Func-

*) Siehe dessen: Vorlesungen über das Nervensystem und Journal de physiologie experimentale. Paris 1821.

**) de functionibus nervorum faciei et olfactus organi. Hafniae 1825.

***) Anatomie et Physiologie du système nerveux de l'homme et des animaux vertebrés. Paris 1842.

****) Lehrbuch der Physiologie des Menschen.

tion eindringt, noch nicht mit Sicherheit geschlossen werden kann, worin seine Leistung für dasselbe besteht. So folgt z. B. daraus, dass ein Nerv zu einem Muskel geht, noch lange nicht, dass er denselben in Bewegung zu versetzen vermöge; wir kommen später auf einen speciellen Fall der Art zurück. Doch darf man zufolge dieser Bemerkungen diese Prüfungsart nicht unterschätzen; die Kenntniss der Anatomie eines Nerven bringt Sicherheit in das Experiment und giebt oft zu ganz besonderen Untersuchungen Veranlassung, auf welche man nicht leicht ohne sie gestossen wäre. In speciellen Fällen ist wohl noch die eine oder andere Methode in Gebrauch gezogen worden, ohne jedoch eine besondere Verbreitung erlangt zu haben. Dieselben sollen an passenden Stellen erwähnt werden.

Indem wir nun die einzelnen Hirnnerven durchgehen, können wir nicht umhin, auf die Unvollkommenheiten der jetzigen Kenntnisse aufmerksam zu machen. Was wir von der Physiologie der Hirnnerven wissen, bezieht sich auf die Kenntniss der peripherischen Theile, die von ihnen innervirt werden. Dagegen ist uns Wenig oder gar Nichts bekannt über die Art und Weise, wie sie ihre Impulse von den einzelnen Hirntheilen empfangen, und ob sie daselbst ebenso einzeln und von einander getrennt, wie in der Peripherie, verlaufen, oder ob sie unter sich nach bestimmten Gesetzen verknüpft sind. Es ist sehr wahrscheinlich, dass Nerven, welche gleichen oder ähnlichen Functionen dienen, wie z. B. die Speichelnerven, die Augenmuskelnerven, etc. physiologisch einen gemeinsamen, centralen Ursprung haben und als ein einziger Nerv anzusehen sind, obschon sie peripherisch in verschiedenen Bahnen liegen.

Die Nerven der Augenmuskeln *). Der grösste Theil der Functionen des *Nervus oculomotorius*, die gesammten des *Nervus abducens* und *Nervus trochlearis* ergeben sich aus den Verbreitungsbezirken, welche die descriptive Anatomie für diese Nerven festgesetzt hat, und welche daher keiner besonderen Aufzählung bedürfen. Bei Thieren ist die Vertheilungsart theilweise eine andere; auch wird von ihnen der bei diesen vorkommende M. retractor bulbi versorgt. Ueber den N. oculomotorius aber ist noch eine besondere Bemerkung nothwendig; die nämlich, dass er auch diejenigen Fasern beherbergt, welche der *Verengerung der Pupille* vorstehen. Bei Säugethieren kann man kurz nach dem Tode bei geöffnetem Schädel durch directe Reizung dieses Nerven die eben erwähnte Function desselben zeigen, oder auch am lebenden Thiere im Momente der Durchschneidung die Pupille sich verengern sehen. Später wird sie im letzteren Falle wieder weiter, hat aber natürlich die Fähig-

*) Die Physiologie der drei höhern Sinnesnerven schliessen wir hier aus.

higkeit, auf Reize, z. B. Lichtreiz, sich zu verengern, vollständig verloren. Auch an enthaupteten Menschen ist das analoge Experiment bereits mit Erfolg angestellt worden *) und so mit der Erfahrung übereinstimmend, dass bei Erkrankungen dieses Nerven je nach dem Grade derselben und je nach der geringern oder grösseren Betheiligung des Pupillarastes Erscheinungen an der Pupille beobachtet werden können.

Erfahrungsgemäss gestaltet sich die Sache so, dass bei einer *Lähmung* des fraglichen Nerven, kenntlich an der gestörten Motilität des Augapfels, entweder die Pupille leicht *erweitert* und *unbeweglich* ist, oder ihre Beweglichkeit beibehält. Wird die Erkrankung auf dem Stadium getroffen, dass sie eine Reizung für den Nerven darstellt, und unterliegen auch die Pupillenfasern derselben, so muss nach dem bereits Mitgetheilten *Verengerung* der Pupille beobachtet werden.

Man kann die Frage aufwerfen, ob auch die Accommodation, wenn nicht ganz, so doch vielleicht theilweise, durch diesen Nerven beherrscht werde. Zu ihrer Beantwortung bieten sich zwei Wege dar. Der eine besteht in einer Beobachtung der Linsenbildchen bei Reizung dieses Nerven, der andere in der Beobachtung der Accomodationszustände bei Oculomotoriuslähmung. Ersterer ist noch nicht betreten worden, obschon Hinrichtungen dazu passende Gelegenheiten hätten bieten können. Letzterer wird unfruchtbar bleiben, so lange sich nicht durch eine glückliche Combination von Umständen, zu welchen namentlich auch die Eruirung der Lähmungsursache durch das Sectionsresultat gehört, vorwurfsfreie Schlussfolgerungen werden anstellen lassen. Was bis jetzt in dieser Richung bekannt ist, trägt diesen Charakter nicht. Es sind Fälle publicirt, in denen bei vollständiger Lähmung des N. oculomotorius die Accomodation sich noch vollständig unbehindert vollzog **). Da aber neben derselben auch noch die die Accomodation begleitenden Bewegungen der Iris vorhanden waren, so darf man annehmen, dass bei diesen Lähmungen die der Accomodation dienenden Fasern nicht mit ins Bereich der Erkrankung gezogen waren und nicht etwa schliessen, dass dieselben in einer andern Nervenbahn lägen. Geht man von der Voraussetzung aus, dass Pupillarfasern und Accomodationsfasern in einem und demselben Aste des Oculomotorius liegen, dann müssten bei einer Lähmung dieses Nerven, welche die Pupillarfasern ergriffen hat, auch ver-

---

*) Nuhn in Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift. Neue Folge. Bd. III. S. 129.

**) A. v. Graefe: Notizen vermischten Inhalts; dessen Archiv für Ophthalmologie. II. Bd. Abth. 2. S. 299.

ringerte Accomodation bestehen. Einen solchen Fall hat v. Graefe *) beschrieben. Er eignet sich aber nicht zu einem stricten Beweise, weil man nicht weiss, welche intracranielle Veränderungen bestanden haben. Es müsste ein solcher Fall von Oculomotoriuslähmung zur Beobachtung kommen, welcher auch Mangel der Accomodation im Gefolge hätte und dessen Section eine alleinige Erkrankung des Oculomotorius nachwiese. Soviel kann aber einstweilen aus den angezogenen Beobachtungen abstrahirt werden, dass unser Nerv mit grosser Wahrscheinlichkeit einem Theil der Accomodation vorsteht. Es kann noch bemerkt werden, dass es scheint, als lägen die der Accomodation dienenden Fasern oft auf einer Strecke in der Bahn der für den levator palpebrae superioris bestimmten Zweige; denn man hat die Erfahrung gemacht, dass, so lange bei einer Lähmung des Oculomotorius noch der levator palpebrae functionirt, nicht leicht Störungen in der Accomodation vorkommen, mit einer Paralyse desselben aber sich leicht solche combiniren.

Die frühern Angaben von Weber **) und Valentin ***), dass Reizung des N. oculomotorius Erweiterung der Pupille erzeuge, sind wohl so zu erklären, dass die von ihnen angewandten electrischen Reize durch einen nicht aufgeklärten Umstand die in das Auge ziehende sympathische Bahn bei bereits abgestorbenem N. oculomotorius getroffen haben. Später ist von keinem anderen Experimentator dieses Verhaltens wieder gedacht worden.

Dass der gemeinschaftliche Augenmuskelnerv auch sensitive Fasern einschliesse, ist nicht wahrscheinlich; jedenfalls fehlen für eine solche Meinung scharfe Beweise.

§. 21.

Physiologie des Nervus trigeminus.

Die weit reichende anatomische Ausbreitung dieses Nerven und die Verschiedenheit seiner Functionen machen ihn zu einem der wichtigsten Nerven für die Experimentalphysiologie. Es kommen demselben folgende Functionen zu:

1. Er ist der *empfindende* Nerv für die dura mater †), die Augen-

---

*) ibidem. II. Bd. Abth. 2. S. 191.

**) Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. Abth. 2. S. 32.

***) Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Bd. II. Abth. 2. S. 369.

†) Zu ihr gehen ausser dem N. tentorii r. primi noch von dem zweiten Ast kommende nn. recurrentes, welche sich in der dura mater der mittleren Schädelgruben verzweigen. Arnold: Wiener med. Wochenschrift. 1861. Heft 1.

höhle und ihre Umgebungen, die Stirn, die ganze Gesichtsfläche, den vorderen Theil des äusseren Ohrs, den äusseren Gehörgang, die Schläfengegend, den oberen Theil der Rachenhöhle, die Nasenhöhle, den harten Gaumen, die Zunge, die Zähne und den Boden der Mundhöhle. Dies wird durch die Resultate der anatomischen Präparation, welche Zweige dieses Nerven nach all den erwähnten Theilen hin dargestellt hat, angedeutet und durch die Empfindungslosigkeit dieser Flächen bewiesen, welche der Durchschneidung des Nerven innerhalb der Schädelhöhle folgen, wie dies einstimmig von allen Physiologen, welche diese Operation übten, von Ch. Bell, dem ersten Dissector des Trigeminus an lebenden Thieren, Fodera, Mayo, Magendie, Longet, Valentin, Schiff u. A. gemeldet wird.

2. Er ist der *bewegende* Nerv für die mm. temporalis, masseter, pterygoidei, digastricus anterior maxillae, tensor und levator palati, tensor tympani, mylohyoideus. In Betreff des m. buccinator nimmt man seit Mayo *) und Longet **) an, dass der zu ihm gehende Zweig des N. trigeminus nicht ächt motorischer Natur sei. Der erstere hat bei einem Esel den ramus buccalis mechanisch gereizt, der letztere denselben (bei welchem Thiere, giebt er nicht näher an) galvanisirt, ohne irgend eine Contraction in dem m. buccinator zu beobachten. Ich habe denselben Versuch beim Kaninchen mit demselben Resultat wiederholt. Zum grösseren Theile dieser Muskeln lassen sich Zweige des Trigeminus direct verfolgen, und wo dies nicht immer befriedigend möglich ist, wie für die mm. tensor tympani und tensor veli palati, da hilft die Reizung des Nerven innerhalb der Schädelhöhle aus.

3. Er steht den *Absonderungen* in der *glandula lacrimalis* und der *parotis,* beim Hunde auch der in der *Augenhöhlendrüse* vor. Da man auf reflectorischem Wege die Secretion in der Thränendrüse durch Reizung der Bindehaut des Auges anregen kann und kein anderer Nerv, als der ramus lacrimalis N. trigemini dorthin geht, so muss letzterer der Absonderung in jener Drüse vorstehen. Doch ist derselbe wegen seiner Kleinheit und Lage nicht leicht während des Lebens einer directen Reizung zugänglich und daher auch letztere bis jetzt noch nicht versucht worden. Was die Secretion in der Ohrspeicheldrüse anlangt, so ist bezüglich des N. trigeminus festgesetzt, dass der dritte Ast desselben und insbesondere sein ramus auriculo-temporalis Zweige zu diesem Zwecke

*) Mayo in Magendie's Journal de physiologie experimentale. tome III. S. 352.

**) Longet: Anatomie et Physiologie du Système nerveux. Paris 1842.

in die Drüse schickt. Ich selbst habe am Hund und am Esel *) jene Zweige mit Erfolg gereizt. Man findet sie, namentlich bei letzterem, Thiere leicht, wenn man den vorderen Rand der Ohrspeicheldrüse aufhebt und sich ein wenig vorsichtig in die Tiefe arbeitet. Beim Hund kann man ebenso verfahren, oder auch den m. digastricus durchschneiden und sich an der innern Seite des aufsteigenden Astes des Unterkiefers den Nerven suchen. Diese Beobachtungen sind mit den schon vor mir, von Rahn **) unter Ludwig am Kaninchen angestellten in Uebereinstimmung, nach welchen die electrische und chemische Reizung des gesammten Trigeminusstammes in der Schädelhöhle vor seinem Eintritt in das Tentorium von einer Speichelsecretion in der glandula parotis begleitet ist. Unabhängig von Rahn, wie es scheint, hat auch Bernard***) dieselbe Erfahrung gemacht. Und endlich erzählt die Nervenpathologie †) gleichfalls von lebhaften Speichelsecretionen, welche bei heftigen Neuralgieen des Trigeminus einzutreten pflegen. — Die glandula orbitalis des Hundes und wahrscheinlich aller derjenigen Thiere, welche eine solche tragen, wird gleichfalls in ihrer Secretion durch den Trigeminus beherrscht; denn man kann vom zweiten Ast desselben, während er als N. infraorbitalis durch die Augenhöhle geht, feine Fäden bis zu jener Drüse präpariren. Bis jetzt ist die gesonderte electrische Reizung dieses Nerven noch nicht ausgeführt worden.

4. *In seiner Bahn liegen Fasern, welche von Einfluss auf die Pupille sind.* Dies zeigt sich in dem Umstand, dass bei seiner Durchschneidung innerhalb der Schädelhöhle, sei es im Verlauf seines ramus ophthalmicus, sei es im Ganglion Gasseri, die Pupille sich stark verengert. Alle, welche diese Vivisection einmal ordentlich ausführten, haben diesen Erfolg beobachtet, so dass es nicht nöthig ist, für dieses Factum besondere Zeugnisse beizubringen. Es ist jedoch ohne weitere Untersuchungen und Beobachtungen möglich, demselben eine sehr verschiedene Deutung beizulegen. Man kann jene Verengerung entweder als die Folge eines Reflexes ansehen, welche der in hohem Grade sensible Trigeminus bei seiner Durchschneidung auf den N. oculomotorius ausübe, oder man kann dem ersteren direct motorische, vom Gehirn oder dem

*) Meine Beiträge. Bd. III. S. 49. u. 50.

**) Rahn: Untersuchungen über die Wurzeln und Bahnen der Absonderungsnerven der glandula parotis beim Kaninchen. Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift. Neue Folge. I. Bd. S. 283.

***) Bernard: Leçons sur les liquides. II. Bd. S. 303.

†) E. B. Romberg: Lehrbuch der Nervenkrankheiten. I. Bd. S. 17. 39. Mossler: Meine Beiträge. Bd. III. S. 50.

Ganglion Gasseri kommende Fasern für den sphincter pupillae zuschreiben, oder man kann die Zusammenziehuug des letzteren aus dem Umstande herleiten, dass die von dem Sympathicus stammenden, die Pupille erweiternden Fasern in der Bahn des Trigeminus verlaufen, so dass diese bei dem angeführten Experiment durchschnitten werden und nun der Einfluss des Sympathicus in Wegfall komme, oder man kann sich endlich mehre dieser Ursachen zugleich wirksam vorstellen. In früheren Zeiten war man der Ansicht besonders hold, dass das Phänomen durch den Trigeminus auf reflectorischem Wege vermittelt werde. Es scheint jedoch, als ob auf diesen Umstand der geringere oder besser gar kein Nachdruck zu legen sei; denn nicht allein hat man *) bei der Durchschneidung des Trigeminus vor seinem Eintritt in den Gasser'schen Knoten keine Bewegung der Pupille beobachtet, sondern findet auch ein Gleiches bei Reizungen der Bindehaut des Auges und des Supraorbitalnerven. Die letztern von negativem Erfolg begleiteten Reizversuche habe ich wiederholt ausgeführt. Die erstere dieser Beobachtungen beweisst zugleich, dass auch der Trigeminus von Hause aus keine, die Pupille direct verengernde Fasern enthalten kann. Dies mag gegenüber einer Meinung von Budge **) erwähnt werden, welcher aus dem Umstand, dass er bei Durchschneidung des Quintus nach vorhergegangener Trennung des Oculomotorius Verengerung der Pupille erzielte, schloss, dass der Trigeminus motorische Fasern für den sphincter pupillae führe. Dieser Schluss war nicht vorsichtig genug, denn dasselbe Phänomen kann eintreten, sowohl wenn im durchschnittenen Nervenaste die Pupille verengernde Fäden liegen, als auch, wenn aus fremder Quelle, dem Sympathicus, stammende, die Pupille erweiternde Fasern in ihm verlaufen; denn im Momente der Durchschneidung kann sich in Folge der Reizung der Fasern, welche die Pupille verengern, wenn der Effect ihrer Erregung den der die Pupille erweiternden Fasern übertrifft, der Kreismuskel der Iris zusammenziehen; nach geschehener Trennung des Nerven kann die Pupille sich verengern, weil die zum Dilatator iridis gehenden Fasern nicht mehr von ihrem Centralorgan aus beherrscht werden. Nach der Erfahrung, dass im Trigeminus von Hause aus keine Fasern für den Sphincter iridis liegen, handelt es sich nur noch darum, zu ermit-

---

*) Savelus Guttmann: De nervi trigemini dissectione apud ranam esculentam. Diss. inaug Berol. 1864. S. 28.

**) Budge: Ueber Pupillarnerven, Froriep's Tagesberichte 1862. Nr. 445. und: Ueber den Einfluss des Nervensystems auf die Bewegungen der Iris. Vierordt's Archiv, 1852. Th. XI. Ergänzungsheft. S. 773.

teln, wie die Verengerung der Pupille nach Trigeminussection in Wirklichkeit zu Stande komme.

Ein strenger Beweis gegen den Ursprung von die Pupille verengernden Fasern im Ganglion Gasseri wird schwer zu führen sein; denn da im ramus ophthalmicus zugleich die die Pupille erweiternden Fasern liegen, welche vom Sympathicus dahin aufsteigen, so kann der Erfolg einer Reizung, welche man an diesem Nervenaste ausführt, stets als ein gemischter betrachtet werden, welcher keine Entscheidung giebt. Indess liegen doch schon jetzt Gründe genug vor, die Erscheinung, von welcher wir ausgiengen, als lediglich durch eine Trennung der die Pupille erweiternden Fasern des Sympathicus, mögen sie in dem Halsstrang oder von den Zellen des Ganglion Gasseri *) entspringen, bedingt anzusehen. Es gehört dahin namentlich die Beobachtung, dass die der Trigeminustrennung folgende Verengerung viel länger bestehen bleibt, als mit der blossen Reizung der Durchschneidung etwaiger, die Pupille verengernder Fasern verträglich ist, welcher Umstand aussagt, dass man die die Pupille erweiternden Elemente dauernd in ihrem Zusammenhang mit den Centralstellen, von denen aus sie innervirt werden, gelösst habe. Daneben könnten auch einige die Pupille verengernde Fasern in der durchschnittenen Nervenbahn gelegen haben, indem *Reizung* dieser und die blosse *Trennung* der zum Dilatator gehenden Fasern denselben Effect hat. Hier können nur genaue Messungen in folgender Art entscheiden. Zuerst muss der Oculomotorius getrennt werden. Die Weite, welche dann die Pupille noch besitzt, hängt von ihrer Elasticität, der Einwirkung des Sympathicus und von etwaigen im Ganglion Gasseri entspringenden, die Pupille verengernden Fasern ab. Trennt man jetzt den Ramus ophthalmicus, so tritt Verengerung ein, deren Grad zu messen ist. Liegt im durchschnittenen Nerven nur ein die Pupille erweiterndes Moment, welches jetzt in Wegfall gekommen ist, so kann sich die gemessene Pupillenweite, lediglich durch die Elasticität der Iris bestimmt, nicht weiter ändern. Ist aber zugleich noch ein vom Ganglion Gasseri abhängendes, die Pupille verengerndes Moment im Augenast des Trigeminus gelegen, welches im Augenblick der Section gereizt wurde, so muss einige Zeit nachher, wenn der Effect der Reizung vorüber ist, die Pupille wieder weiter werden. In dieser Weise sind aber meines Wissens bis jetzt keine methodischen Versuche ausgeführt.

Wir haben zum Schlusse noch einige Bemerkungen über die Art und Weise zu machen, wie die Pupillarbewegungen am Lebenden zu Stande kommen. Nach den angestellten Betrachtungen kann der Nervus

*) Siehe den Abschnitt über den Einfluss des Sympathicus auf das Auge.

trigeminus daran keinen Antheil haben. Es müssen aber dieselben entweder nach Art der sogenannten Mitbewegungen geschehen, oder ein reflectorisches Phänomen sein, bei welchem der Nervus opticus als incitirender Nerv fungirt. Es wird schwer sein, zwischen diesen beiden Möglichkeiten zu entscheiden. Zwar ist bekannt, dass bei einseitiger Erblindung die Contraction der Pupille des erblindeten Auges coëtan mit der des gesunden fortbesteht, und ebenso, dass bei beiderseitig Erblindeten Pupillarcontractionen bei Augenbewegungen vorkommen, und man kann meinen, dass diess desshalb geschehe, weil die Pupillarfasern beider Seiten unter sich und mit den andern Oculomotoriusfasern innerhalb des Gehirns so mit einander verknüpft seien, dass die Erregung der einen unmittelbar die der andern mit sich zöge. Allein man kann sich eben so gut vorstellen, dass die Pupillarcontraction ein reflectorisches Phänomen sei. Für die sogenannte sympathische Pupillarcontraction bei einseitiger Erblindung kann der Nervus opticus des gesunden Auges als die dem Gehirn den Reiz zuführende Nervenbahn gelten. Bei doppeltseitiger Erblindung hat es für den Fall, dass dieselbe durch Verdunkelung der brechenden Medien erzeugt wird, keine Schwierigkeit, anzunehmen, dass das durch dieselben auf die Retina diffus geworfene Licht den Reiz abgiebt, für den dagegen, in welchem eine Erkrankung der Retina die Ursache ist, dass das Substrat derselben die Reizung des Sehnerven ausführt. Die Deutung der normalen Pupillarcontractionen als Reflexphänome gewinnt durch die Beobachtung eine besondere Stütze, dass sie bei retinaler Erblindung selbst bei der Abwesenheit aller Augenbewegungen noch existiren können *). Dabei bleibt jedoch unverständlich, wie die *andauernd* vorhandene Krankheitsursache einen *Wechsel* in der Pupillenweite erzeugen soll. Es würde eine interessante und lohnende Untersuchung sein, experimentell zu bestimmen, wie die Arten der Erregung und die verschiedenen Orte der Retina in reflectorischer Beziehung zum Nervus oculomotorius und Sympathicus stehen und namentlich auch, an welcher Stelle des Gehirns das Organ der Uebertragung liegt und welches seine Ausdehnung und weitere Natur sei.

Die vorigen Betrachtungen würden wesentlich eine andere Form annehmen müssen, wenn es sich bestätigen sollte, dass, wie mehre Forscher angegeben haben, in der Iris und in mit ihr zusammenhängenden Theilen Ganglienzellen vorhanden sind, welche sich an den Bewegungen der Pupille in irgend einer Art betheiligten. In Ermangelung selbstständiger Untersuchungen über diesen Punkt bringe ich die folgenden

*) v. Graefe: Bemerkungen über die Pupillar-Contraction bei Erblindeten. Dessen Archiv. II. Bd. Abth. 1. S. 266.

literarischen Notizen in Erinnerung: a) Im *Ciliarmuskel* beobachtete H. Müller *) an der Eintrittsstelle der Ciliarnerven in den Ciliarmuskel grosse Zellen mit Fortsätzen, welche er für Ganglienzellen nahm. Obschon er die letztern nicht mit Nervenfasern in Verbindung sah, gab er jenen doch die genannte Deutung, indem er sich dabei darauf stützte, dass sie sich von andern, in der Nachbarschaft vorkommenden Zellen, durch Form und Inhalt hinreichend unterschieden und im Innern von Nervenbündelchen lagen. b) In der hinteren Bulbushälfte sah Derselbe ein mit Ganglienzellen versehenes Nervennetz zwischen der Sclera und den Choroidealgefässen, welches sich bis zu den vasa vorticosa erstreckte. Aber auch hier blieb der Zusammenhang der mit Fortsätzen versehenen Zellen mit den Nervenfasern problematisch. c) In dem vorderen Abschnitt der Chorioidea fand C. Schweigger **) dicht an die Choriocapillarschicht angrenzend zwischen feinen Gefässen reichliche *Ganglienzellen* mit Nervenursprüngen. d) Arnold ***) endlich giebt an, in der äussersten Zone der Iris gangliöse Einlagerungen beobachtet zu haben. So ist also für alle Theile des Chorioidealsystems, mit Ausnahme der Ciliarfortsätze, die Anwesenheit von Ganglienzellen behauptet worden.

5. *Er erzeugt die Empfindungen des Gefühls und des Geschmacks an denjenigen Theilen der Zunge, wo er sich ausbreitet.* Gegenwärtig kann wohl über diesen Punkt kein Zweifel mehr sein. Ich halte es desshalb auch für vollständig überflüssig, diejenigen Experimente anzuführen, durch welche man ehedem beweisen wollte, dass der Nervus glossopharyngeus der Geschmacks- und der Nervus lingualis der Gefühlsnerv der Zunge sei. Jetzt, wo die Thatsache, dass es selbst den geschicktesten Zergliedern nicht gelungen ist, auch nur ein einziges Fädchen vom Nervus glossopharyngeus bis über die papillae circumvallatae hinaus zu verfolgen, hinreichend gewürdigt wird, und wo viele Beispiele bekannt geworden sind, dass eine Durchschneidung des Nervus lingualis das Gefühl und den Geschmack an einem bestimmten Theile erlöschen lässt, ist seine Bedeutung als Geschmacksnerv hinlänglich gesichert. Gelegenheiten zu Beobachtungen der letzteren Art gaben theils

*) H. Müller: Ueber Ganglien im Ciliarmuskel des Menschen. Würzburger Verhandlungen. Bd. X. S. 137.

**) C. Schweigger: Pathologisch-anatomische Untersuchungen. Archiv für Ophthalmologie; herausgeg. von Arlt, Donders und v. Graefe. V. Bd. Abth. 2. S. 217 und Bd. VI. Abth. 2. S. 326.

***) Ueber die Nerven und das Epithelium der Iris. Virchow's Archiv. XXVI. S. 345.

Resectionen des Unterkiefers, theils die absichtlichen Continuitätstrennungen, die man bei Neuralgieen des genannten Nerven vornahm. Hierher gehörige Erfahrungen haben Lisfranc, Parry, Hyrtl *), Roser, Remak **) u. A. gemacht. Soweit ist jetzt die Sache in Ordnung. Allein der Nervus lingualis, insofern er bei diesen Durchschneidungen in Betracht kommt, ist eine aus dem wahren Ramus lingualis Nervi trigemini und der Chorda tympani Nervi facialis zusammengesetzte Nerven bahn, und es entsteht daher die Frage, ob nicht die Geschmacksempfindung ganz oder wenigstens doch theilweise der Paukensaite zuzuschreiben sei. Zwar leitet die descriptive Anatomie diesen Nerven zunächst von dem Nervus facialis ab, und wir könnten daher die Besprechung seiner Function bei der Physiologie *dieses* Nerven abmachen. Da aber wegen der Verbindung des Trigeminus mit dem Facialis innerhalb der Schädelhöhle man über den letzten Ursprung der Chorda, wenigstens beim Menschen, oder doch über einen Theil ihrer Fasern, zweifelhaft sein kann, so nehmen wir schon hier die Frage nach ihrer Betheiligung an der Erzeugung der Geschmacksempfindung vor.

Ich stelle zunächst die Thatsachen zusammen, auf welche hin man geneigt gewesen ist, der Chorda Geschmacksfunctionen zuzuschreiben; es sind folgende: a) Tröltsch ***) sah bei einem Individuum mit durchbohrtem Trommelfell die Chorda durch die Paukenhöhle ziehen und kam dabei auf den Gedanken, dieselbe zu reizen. Die Reizung führte er mit Hilfe eines kleinen Pinsels aus, worauf der Kranke erklärte, bei den Betupfungen stechende Empfindungen in der Zunge zu verspüren; von einer eigenen *Geschmacksempfindung* war dabei keine Rede. Nach unsern Erfahrungen war auch kein anderes Resultat zu erwarten; denn die specifischen Sinnesempfindungen lassen sich nicht von den Stämmen aus erregen. Selbst die Lichtempfindungen, welche der gereizte Opticusstamm auslösst, gehören nicht in die Kategorie des Sehens. Mit jenem Versuch der isolirten Reizung der Chorda ist höchst wahrscheinlich die Erfahrung identisch, dass bei Injectionen verschiedener Lösungen in das mittlere Ohr von der Tube aus prickelnde Gefühle in der Zunge beobachtet werden. Diese Deutung wird dadurch erhärtet, dass bei dieser Behandlung der Paukenhöhle kurze Zeit nach der Injection reichliche Speichelausscheidung †) erfolgt, was beweisst, dass die Chorda

*) Hyrtl: Topographische Anatomie. 2. Aufl. S. 264.

**) Remak: Mangel der Geschmacksempfindung nach der Durchschneidung des Lingualis. Berliner klin. Wochenschrift. 1864. Nr. 20.

***) Tröltsch: Die Anatomie des Ohrs etc. Würzburg 1861. S. 76.

†) Siehe Physiologie des Nervus facialis.

wirklich der Reizung unterliegt. b) Man beruft sich auf die Empfindungen, welche man in der Zunge bei dem Faradisiren des Ohres durch das Trommelfell hin empfindet. Duchenne, Erdmann, Baierlacher u. A. beziehen dieselben auf die bei dieser Gelegenheit electrisch gereizte Chorda tympani. c) Es werden die Ergebnisse herangezogen welche man bei Durchschneidung des Nervus facialis an Thieren erlangt haben will. Von dieser Art der Beweisführung für die Betheiligung der Chorda bei der Geschmacksfunction hat besonders Bernard *) Gebrauch gemacht. Dieser Forscher behauptet, dass nach der Durchschneidung des Facialis innerhalb der Schädelhöhle der Geschmack an der Zungenhälfte derjenigen Seite, auf welcher die Nervensection ausgeführt worden war, weniger schnell zur Empfindung komme, als auf der gesunden Seite. Weiter sieht er das erlangte Resultat noch besonders durch den Umstand bekräftigt, dass dasselbe fehlte, wenn die Durchschneidung ausserhalb des Foramen stylomastoideum practicirt wurde. In neuerer Zeit hat Lussana **) den Bernard'schen Modus der Beweisführung adoptirt. Er durchschnitt an einem Hunde die beiden Rami linguales trigemini; die Prüfungen ergaben, dass der Geschmackssinn in der Gegend der Zungenspitze verloren gegangen war. Nach Verlauf eines Jahres war die Geschmacksfähigkeit wieder hergestellt. Jetzt wurden die beiden Paukensaiten zerstört und die Geschmacksempfindungen waren abermals verschwunden. d) Endlich stützt man sich auf eine Anzahl am Menschen gemachter, pathologischer Erfahrungen. Dahin zählen die folgenden. Man zieht zunächst Fälle von Facialislähmung mit gestörter Geschmacksfunction an. Hierbei aber geht der berichtete Thatbestand auseinander. Einige behaupten, dass Lähmungen des Facialis vor seinem Eintritt in den Falloppischen Canal jenen Erfolg gezeigt hätten, Andere, dass dies nur bei solchen der Fall wäre, welche den Nerven während seines Zuges durch das Felsenbein oder nach seinem Austritt aus dem Foramen stylomastoideum befallen ***). — Der durch Gewohnheit an schärfere Beweisgründe verzogene Physiolog wird durch die Berufung auf diese Thatsachen wenig für die positive Lehre von der Geschmacksfunction der Paukensaite eingenommen. Dem kritischen Sinn des Lesers vertrauend, würden wir uns einer Analyse jener enthalten können; da aber die Meinung, dass die Chorda sich an der Geschmacksempfindung

**) Bernard in den Annales medico-physiologiques. Mai 1843.

***) Giod. Inzani e F. Lussana: Sui nervi del gusto. Annali universali di med. Agosto 1862. p. 282.

***) Stich: Beiträge zur Kenntniss der Chorda tympani. Annalen des Charité-Krankenhauses etc. zu Berlin. Achter Jahrgang. 1. Heft. S. 59.

betheilige, im ärztlichen Publicum viele Anhänger gefunden zu haben scheint, so wollen wir hiermit auf eine Besprechung der fraglichen Lehre eingehen. Wir nehmen dabei die Thatsachen in der Reihenfolge vor, wie wir sie vorhin angeführt haben. Was den Versuch von Tröltsch und seine unvollkommene Wiederholungen durch Einspritzen von Lösungen in die Paukenhöhle anlangt, so sagen sie im günstigsten Falle nur aus, dass in der Bahn der Chorda sensitive Fasern im Allgemeinen liegen und nicht, dass in ihr auch solche für den Geschmack enthalten sind. Letzteres beweisen sie jedoch nur dann, wenn sich die Annahme zurückweisen lässt, es seien jene Empfindungen secundärer Art, etwa auf die Weise entstanden, dass die Chorda als ein Zweig des motorischen Facialis zu kleinen motorischen Elementen der Zunge gienge und deren Zusammenziehung dann Veranlassung zu Empfindungen werde. Es wäre einer Entscheidung werth, ob die Paukensaite beim Menschen wirklich sensitive Elemente führe, da man bisher bei Thieren solche in ihr nicht gefunden hat. Bei meinen *) Versuchen über den Einfluss der Chorda auf die Speichelsecretion erregte ich dieselbe direct electrisch und fand sie dabei stets insensibel. Da ich ziemlich kräftige Inductionsschläge gebrauchte, auf welche der sensitive Lingualis sofort reagirte, so kann ich kaum glauben, dass mir die Sensibilität der Paukensaite beim Hunde sollte entgangen sein. Die beim Faradisiren des Ohrs durch das Trommelfell hin entstehenden Empfindungen wird Keiner, welcher die elementarsten Kenntnisse von der Verbreitungsart des electrischen Stromes hat, für beweisend halten; es ist vollkommen überflüssig, hier zu bemerken, dass sich in den gedachten Versuchen Theile des Stromes durch den Lingualis bewegt haben können. Bezüglich der Versuche an Thieren muss man sich wundern, dass man überhaupt jemals glauben konnte, durch sie die jetzt uns vorliegende Frage zur Entscheidung zu bringen. Ich habe keinen klaren Begriff davon, wie man sich überzeugen will, dass ein Hund in einem bestimmten Falle eine *Geschmacksempfindung* habe, oder nicht. Ich bestreite nicht, dass man *meinen* kann, ein Thier nehme diese oder jene bittere Substanz an, oder nicht, weil es ihre Eigenthümlichkeiten nicht schmecke, oder sie wahrnehme; aber ich weiss nicht, wie es anzufangen wäre, darüber wissenschaftliche Gewissheit zu erhalten. Selbst Inzani's intelligenter Hund englischer Raçe würde nicht aus der Verlegenheit helfen können. Aus einigen bei Trigeminuslähmungen gemachten Erfahrungen lässt sich zeigen, dass die Vivisectionsresultate Bernard's und Inzani's entweder unrichtig sind, oder dass der peripherische Verlauf der dem Geschmackssinn dienenden Fasern

*) Meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Bd. II. S. 215.

bei Menschen und Hunden sehr verschieden ist, welche letztere Annahme jedoch nach den sonstigen Erfahrungen, welche wir über die Uebereinstimmung des anatomischen Verlaufs der Kopfnerven beim Menschen und Hunde haben, kaum zulässig sein dürfte. In einigen gut constatirten Fällen von Trigeminuslähmung nämlich bestand *anaesthesia gustatoria*, und die Section wiess die Ursache als eine *nur* in der Bahn des Nervus trigeminus gelegene nach, indem andere Nerven durchaus nicht erkrankt waren. Die beweisendsten Fälle der Art sind unten citirt *).

Wir kommen zur Kritik der am Menschen gemachten pathologischen Erfahrungen, welche die Geschmacksfunction der Chorda erhärten sollen. Die Fälle, in denen bei vollkommener Lähmung des Trigeminus die Geschmacksfunctionen erhalten waren, beweisen durchaus nicht, dass der Chorda die fragliche Function zukomme. Bei Lähmungen eines Nerven, seien sie im Centralorgan, oder im peripherischen Verlaufe des Nerven gelegen, kann schon einmal eine Anzahl von Fasern unberührt bleiben. Bei Lähmungen des Oculomotorius z. B. sind bisweilen alle Aeste bis auf den, der zum musculus levator palpebrae superioris geht, gelähmt. Ebenso unzureichend sind die Beispeile, welche die Facialislähmungen umfassen. Bei denjenigen Continuitätsstörungen, welche vor dem Eintritt des Nerven in das Felsenbein liegen, soll bald Störung des Geschmackssinnes vorkommen, bald nicht. Es ist mir aber nicht gelungen, in der Literatur einen einzigen Fall aufzufinden, der vergleichbar wäre einer einfachen Durchschneidung des Facialis vor seinem Eintritt in den Canalis Falloppii, und welcher gleichzeitig von Störung des Geschmackssinnes während des Lebens berichtete. Ein solcher aber müsste es sein, wenn die Physiologie mit ihm Etwas anfangen wollte. Dagegen sollen Lähmungen des Facialis, welche denselben während seines Verlaufes durch das Felsenbein oder nach seinem Austritt aus demselben befallen, zum öfteren von Alienation des Geschmackssinnes begleitet sein. Das Thatsächliche kann ich nicht bestreiten, die Deutung aber, welche man ihm zu geben versucht, muss die Experimentalphysiologie sehr bedenklich finden. Ich mache zuerst darauf aufmerksam, dass, da die Veränderung des Geschmacks bei extracraniellen Lähmungen des Facialis auf die Chorda bezogen wird, von dieser man also der Ansicht ist, dass sie, aus den Gesichtsverzweigungen des Trigeminus kommend *rückläufig* in die Bahn des Facialis trete, dies nicht in hinlänglich scharfer Uebereinstimmung mit dem anatomischen Befunde über die Art und Weise ist,

---

*) Romberg: Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Menschen. Bd. I. S. 302. Müller's Archiv 1838. S. 305. Mayer: Diss. sistens paralyseos nervi trigemini casum. Francofurti ad Moenum. 1847.

wie sich die Chorda vom Facialis loslösst. Nach einer Beobachtung, nämlich von Bischoff, tritt die Chorda in der Weise vom Facialis ab, dass, ihre Fasern rückwärts verfolgt, diese im Falloppischen Canal *aufwärts* ziehen. Dann aber bemerke ich, dass keiner der publicirten Fälle so durchgearbeitet ist, dass er auf dem Gebiete der Physiologie als Beweis dienen kann. Wer kann sagen, dass die Krankheitsursache, welche den Facialis an den genannten Stellen befiel, sich niemals bis zum dritten Trigeminusaste erstreckte. Vom Felsenbein bis zum Foramen ovale und dem aufsteigenden Aste des Unterkiefers ist eine so kleine Entfernung, dass Entzündungen etc., welche das erstere befallen, es nicht weit haben, auch den Lingualis zu ergreifen. Zum Schluss muss ich noch eine Erfahrung von Stich *) erwähnen, welche ich öfters zu Gunsten der Lehre von der Betheiligung der Chorda an der Geschmacksempfindung anziehen hörte. Bei der Herausnahme einer Knochengeschwulst des Unterkiefers wurde der Nervus facialis mit durchschnitten, der Lingualis blieb unversehrt. Nachher angestellte Prüfungen ergaben, dass der Geschmackssinn auf der operirten Seite alienirt war. Dies wird von Stich dadurch erklärt, dass bei dem Durchschneiden des Facialis die rückläufig in denselben eintretende Chorda getrennt worden sei. Was steht aber der Annahme im Wege, dass der, jedenfalls dicht in der Nähe der Geschwulst gelegene, Lingualis mit erkrankt gewesen sei? Der Fall wäre lehrreicher gewesen, wenn auch *vor* der Operation die bezügliche Seite auf ihre Geschmacksempfindung geprüft worden wäre; ich für meinen Theil zweifle nicht, dass auch schon zu dieser Zeit der fragliche Sinn gestört war. Fassen wir diese Betrachtungen noch einmal kurz zusammen, so können wir als Resultat derselben Folgendes aussprechen: Die Geschmacksempfindung wird *ausschliesslich*, insofern es sich dabei nicht um die vom Nervus glossopharyngeus abhängigen Theile der Zunge handelt, lediglich durch den Nervus trigeminus vermittelt, und das bis jetzt vorhandene Beobachtungsmaterial vereinigt sich, die Ansicht zu beweisen, dass die rami linguales die einzigen der Geschmacksempfindung dienenden Fasern sind. Wer die Chorda als ein adjuvans der ersteren ansieht, hat für diese Meinung schärfere Beweise, als bisher, beizubringen.

6. *Er steht den Vorgängen der Ernährung in mehreren derjenigen Theile vor, in denen er sich ausbreitet.* Diese Eigenschaft unseres Nerven ist von sehr vielen Forschern untersucht worden, indessen herrscht zwischen den Angaben Magendie's **), welcher zuerst von den Ernährungsstörungen spricht, die der Trigeminustrennung folgen, und seinen

*) l. c. S. 69.

**) Magendie: Journal de physiologie experimentale, t. IV. p. 303.

Nachfolgern bis auf unsere Tage in manchen Punkten keine sehr befriedigende Uebereinstimmung. Bei allen Beobachtern steht indess zunächst fest, dass eine Durchschneidung des Nerven im Ganglion Gasseri oder vor demselben nach seiner peripherischen Ausbreitung hin Störungen in der Ernährung derjenigen Theile zur Folge hat, deren Trigeminusfäden verletzt worden sind. Für den Fall, dass man keine besondere Massregeln trifft, wovon sogleich mehr, beobachtet man: Entzündungen der Conjunctiva, Ceratitis, jedoch in der Regel ohne Perforation der Hornhaut, Exulcerationen an der innern Fläche der Ober- und Unterlippe, Stellungsveränderungen der Kiefer, Formveränderungen der Zähne, Hyperämie und stärkere Schleimabsonderung der entsprechenden Hälfte der Nasenhöhle. Uebrigens ist die Intensität dieser Veränderungen bei verschiedenen Thieren grösser oder geringer. Bei Hunden z. B. hat man schon wenige Stunden nach der Durchschneidung Röthung der Conjunctiva und im weitern Fortgang Durchbohrung der Hornhaut, Vorfall der Iris und Entleerung der Linse und Augenflüssigkeiten gesehen *). Beim Frosch dagegen macht sich dies Alles viel langsamer, und nehmen die eingeleiteten Veränderungen dem Grade nach nicht jenen zerstörenden Character an. Einige dieser Veränderungen, namentlich die der Hornhaut, hat man in ihrem Entstehen und in ihrer Fortentwickelung dadurch noch schärfer aufzufassen gesucht, dass man die erkrankten Theile mikroscopisch auf den verschiedenen Stufen ihrer Entartung studirte. Scheller **), welcher eine derartige Untersuchung unter Gerlach's Leitung am Froschauge unternahm, beobachtete Folgendes: Im Allgemeinen schreiten die Structurveränderungen von den hinteren Schichten nach vorn fort. Die Hornhaut verdickt sich, ihre Lamellen schwellen an und bekommen ein äusserst fein punktirtes Ansehen, auch verwischen sich dabei die geraden Contouren derselben. Die Hornhautkörperchen nehmen an Umfang zu, ihre Hülle wird deutlicher und es treten mehre Kerne in ihnen auf, die vielleicht aus der Spaltung des ursprünglichen entstehen. Zur Bildung von wirklichen Eiterkörperchen kommt es nicht. Der Inhalt der Zellen der Conjunctiva bulbi trübt sich und erscheint in Form von kleinen Körnerchen, so dass sie den Zellen des Darmes während der Resorption nicht so ganz unähnlich sehen. Beim Kaninchen fand Schiff bezüglich der Cornea im Wesentlichen dasselbe, nur mit dem Unterschiede, dass es hier zur wirklichen Bildung von Eiterkör-

---

*) Schiff: Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystems. I. Frankfurt a. M. 1855.

**) Scheller: Ueber die Structur der Hornhaut des Frosches und deren Veränderungen nach Durchschneidung des Quintus. Erlangen 1861.

perchen kam. — Abweichender gestalten sich die Angaben über einige andere, diese Veränderungen betreffende Punkte. Der erste berührt die Frage, ob die Fasern des Trigeminus, durch deren Trennung die soeben geschilderten Erscheinungen zu Stande kommen, aus dem Hirn oder Ganglion Gasseri entspringen. Sie ist verschieden beantwortet worden; Magendie *) und Longet **), deren Angaben auch in den meisten Lehrbüchern wiederholt werden, geben an, dass die Ernährungsstörungen nach einer *im* Ganglion Gasseri oder *jenseits* desselben nach der Peripherie hin ausgeführten Durchschneidung weit beträchtlicher seien, als wenn man die Trennung zwischen Ganglion und Gehirn vornehme. Andere Physiologen sind ihnen in dieser Beziehung gefolgt, in neuerer Zeit namentlich Cornochan ***). Jedoch fehlt es auch nicht an gegentheiligen Beobachtungen. Einer ihrer Vertreter ist Schiff †), der im zweiten Capitel des unten citirten Werkes als eifriger Gegner der Ernährungsfasern des Ganglion Gasseri auftritt. Nach meinen Erfahrungen halte ich es für sehr schwer, über diesen Punkt recht überzeugende Experimente anzustellen. Es ist nicht allein die Operation sehr schwer auszuführen, sondern es ist auch dieselbe bis zur Zeit der Ausbildung der Ernährungsstörungen von so vielen Nebenumständen begleitet, dass sich der Beweis nicht gut führen lässt, dass dabei der erwähnte Nervenknoten *unbetheiligt* geblieben sei. Ich habe zu wiederholten Malen jüngern Kräften eine Bearbeitung dieses Punktes anempfohlen; mich mit ihnen aber jedesmal überzeugen müssen, dass es ein Zufall des Glücks sein wird, wenn eine derartige Trigeminusdurchschneidung nicht von solchen consecutiven Störungen begleitet ist, dass aus ihnen ein widerspruchfreies Resultat zu ziehen ist. Auch Meissner ††) wollte die in Rede stehende Durchschneidung nicht gelingen. Es wird also nothwendig sein, dass das Material über diesen Gegenstand noch von anderen, zuverlässigen Seiten her vermehrt werde. Die andere Frage, welche hier noch in Betracht kommt, ist die, ob die Ernährungsstörungen sich nur desshalb zeigen, weil die Theile, in denen sie auftreten, nach der Durchschneidung des ihnen zugehörigen Nerven den äusseren Rei-

---

*) Magendie: Journal de physiologie experimentale, t. IV. p. 303.

**) Longet: Anatomie et physiologie du système nerveux. t. II. p. 162.

***) Cornochan: Trois cas de section du nerv. maxillaire.

†) Schiff: Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystems mit Berücksichtigung der Pathologie. Frankfurt a. M. 1858.

††) C. Büttner: Ueber die nach der Durchschneidung des Trigeminus auftretenden Ernährungsstörungen am Auge und anderen Organen. Henle's und Pfeufer's Zeitschrift. Dritte Reihe. Bd. XV. 1852. S. 254.

zen eine geringere Widerstandsfähigkeit entgegensetzen, oder ob zu ihrer Ausbildung äussere Einwirkungen gar nicht nothwendig seien. Man hat, um bezüglich der Veränderungen am Auge zwischen beiden Möglichkeiten zu entscheiden, das Auge der operirten Seite gegen äussere Einflüsse geschützt. Dies ist theils in der Art ausgeführt worden, dass man über das Auge der operirten Seite die Ohrmuschel schützend befestigte, nachdem man zuvor noch die Augenlieder zusammengenäht hatte, oder dass man besondere, schützende, kapselartige, durchsichtige Apparate vor dem Auge anbrachte. Nach einer Untersuchung von Büttner und Meissner erscheinen die Ernährungsstörungen am Auge nicht, wenn dem Auge die zweite, vollkommene Art des Schutzes geboten wird, treten aber sofort auf, sobald man das Auge entblösst. Mein College Winther, welcher sich im hiesigen physiologischen Institut seit längerer Zeit mit Trigeminusdurchschneidungen im Interesse pathologischer Fragen beschäftigte, hat auf meinen Wunsch hin die Versuche von Meissner und Büttner wiederholt und deren Angaben, insoweit sie die gegenwärtigen Fragen betreffen, bestätigt. Ich selbst habe mich bei dieser Gelegenheit von der Richtigkeit dieser Thatsache überzeugt. Ebenso hat es auch Rollet *) gefunden. Endlich bestehen noch Meinungsverschiedenheiten über die weiteren Ursachen der nach der Trigeminusdurchschneidung auftretenden Geschwüre auf der Mundhöhlenschleimhaut. Da dabei auch solche auf der gesunden Seite gefunden werden, und weil sie ferner den verbildeten Zähnen entsprechen, scheint man jetzt allgemein der Ansicht zuzuneigen, dass sie traumatischer Natur sind und mit Ernährungsstörungen direct Nichts zu thun haben.

7. *Er steht in reflectorischer Beziehung zur Speichelsecretion.* Als Centralorgane für diese Function des Nervus trigeminus und insbesondere des Zungenastes desselben sind bisher das Ganglion linguale und das Gehirn angegeben worden. Das erstere hat diese Function nicht; wir kommen später bei der Physiologie des Sympathicus darauf zurück. Dass dagegen der Lingualis durch Mithilfe des Gehirns die Speichelsecretion reflectorisch anzuregen vermag, geht daraus hervor, dass Erregung seines centralen Stumpfes die Speichelsecretion in der Parotis einleitet. Nach einer Angabe von v. Wittich **) soll jedoch die auf diese Art bewirkte Absonderung gering sein und nur langsam von Statten gehen.

*) Rollet: Ueber die Veränderungen, welche nach einseitiger Durchschneidung des Nervus trigeminus in der Mundhöhle auftreten. Sitzungsberichte der Wiener Academie. Math.-naturwissenschaftl. Classe. April und Mai. S. 513.

**) v. Wittich, in: Berliner klinische Wochenschrift. Nr. 24. 11. Juni 1866. S. 255.

Ob auch durch diesen Nerven die Absonderung in der Submaxillardrüse reflectorisch erregt wird, ist zwar noch nicht speciell in der Literatur hervorgehoben worden, jedoch wahrscheinlich. Die auf chemische Reizung der Mundhöhlenschleimhaut erfolgende Speichelsecretion in dieser Drüse spricht dafür, kann aber so lange nicht als Beweis gelten, als nicht gezeigt ist, dass sie sich auch noch nach der Durchschneidung der Nervi glossopharyngei einstellt.

§. 22.

Physiologie des Nervus facialis und des Nervus glossopharyngeus.

Der *Nervus facialis.* Er ist unmittelbar nach seinem Ursprung aus dem Hirn motorisch; dagegen wird er nach seinem Austritt aus dem Foramen stylomastoideum sensibel befunden, woraus folgt, dass ihm bei seinem Verlauf durch das Felsenbein empfindende Fasern aus fremder Quelle, dem Trigeminus und vielleicht auch dem Vagus, zugeführt werden müssen. Der Beweis wird dadurch geführt, dass bei Thieren mit durchschnittenem Trigeminus der N. facialis nach seinem Austritt aus dem Foramen stylomastoideum beim Durchschneiden keine Schmerzen erregt. Beim Durchschneiden einzelner Aeste desselben im Gesicht zeigt er sich noch mehr sensibel, zum Zeichen, dass ihm ausserhalb des Schädels nochmals empfindende Fasern zufliessen. Der Anatom weisst Zusammenhänge des Facialis mit dem Trigeminus durch den N. petrosus superficialis major und im Gesicht mit dem Vagus durch dessen Ramus auricularis und vor allen Dingen mit dem Halsgeflecht durch den Nervus auricularis major nach. Auch am Menschen beobachtete Thatsachen beweisen die rein motorische Natur des Facialis. Bei Lähmungen, welche denselben getroffen hatten, war die Empfindung in der Verbreitungssphäre desselben nicht gestört, dagegen war bei Zerstörung des Quintus keine Stelle mehr sensibel, wo sich Facialis und Trigeminus gemeinschaftlich verbreiten. Im Einzelnen sind es nun folgende Muskeln, welche durch den N. facialis bewegt werden: M. stapedius, sämmtliche Muskeln des äussern Ohres, der Stirn mit Einschluss des Corrugator und Orbicularis, der Nase, des Gesichtes, des Mundes, hinterer Bauch des Digastricus, Stylohyoideus, Buccinator, Platysma, Muskeln des Kinnes. Der M. tensor tympani, welcher von Hasse*) noch angegeben wird, erhält seine Fasern aus dem dritten Aste des Quintus. Es scheint indessen, als ob

*) Hasse: Nervenkrankheiten. S. 343.

sich hiermit die motorischen Effecte des Nervus facialis nicht abschlössen; denn es liegt eine Anzahl nicht so leicht von der Hand zu weisender Zeugnisse vor, welche darauf hindeuten, dass er auch noch einige *Gaumenmuskeln* in Bewegung setze. Anatomisch betrachtet, erscheint dies nicht unmöglich, da die als Nervus petrosus superficialis major gekannte Nervenbahn Fasern vom Fascialis nach dem Gaumen führen könnte. Ueberdies ist eine Anastomose zwischen dem Facialis und dem zum weichen Gaumen gehenden N. glossopharyngeus bekannt und endlich haben sogar Richet *) und Gross anstatt der eben erwähnten Verbindung vom Facialis direct Fäden zum palatum molle präparirt. In der That will auch Nuhn **) an einem Enthaupteten bei Reizung des Facialis in der Schädelhöhle Bewegungen am Gaumen beobachtet haben. Leider war die Reizung nur eine electrische, und es liegen keine hinreichenden Garantieen vor, dass keine secundäre Uebertragung stattgefunden habe. Auch an Thieren ist in Bezug auf diesen Punkt experimentirt worden. Davaine ***) berichtet über solche von ihm an Hunden gemachte Versuche, welche zu demselben Resultat geführt haben sollen; doch haben wieder andere Experimentatoren †), namentlich solche, welche die galvanische Reizung durch eine mechanische controlirten, Nichts der Art bemerkt. Endlich schliessen sich hieran die zahlreichen Angaben der Nervenpathologen, dass bei Facialislähmung sehr oft eine Schiefstellung des Gaumens beobachtet werde. Es würde indess, wie Manche wollen, nicht nothwendig sein, anzunehmen, dass in solchen Fällen der Sitz der Krankheit oberhalb des Knies des Facialis liege, wenn die von Richet und Gross gemachten anatomischen Bemerkungen sich bestätigen sollten, aus welchen dann mit grosser Wahrscheinlichkeit zu entnehmen wäre, dass die für den Gaumen bestimmten Fasern entweder in der Anastomose zwischen Facialis und Glossopharyngeus oder in den von jenen Anatomen gesehenen Aesten liegen. Man könnte vielleicht noch auf die Annahme verfallen, dass der Facialis seine motorischen Effecte auch auf die Gefässmuskelfasern des Gesichts geltend mache. Doch wird man davon durch eine Beobachtung von Davaine abgehalten, nach welcher bei Facialislähmung der veränderliche Füllungszustand der Gesichtsgefässe bei Gemüthsaffectionen vor wie nach beobachtbar ist. Es muss also die

---

*) Richet: Traité pratique d'Anatomie médico-chirurgicale. S. 397.

**) Nuhn: Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift. Neue Folge. Bd. III. S. 129.

***) Davaine: Mémoire sur la paralyse generale ou partielle des deux nerfs de la septième paire. Gaz. med. de Paris. 1852. Nr. 48. S. 144.

†) Hein: Ueber die Nerven des Gaumensegels. Müller's Archiv. 1844. S. 205.

Entstehung der Schamröthe entweder mit dem Trigeminus oder dem Sympathicus in Zusammenhang gebracht werden. Die bis jetzt bekannten Erfahrungen über die Circulationsverhältnisse am Kopf als vom Nervensystem abhängig sprechen zu Gunsten der letzteren Annahme.

Ausser diesen motorischen Wirkungen kommt dem Facialis nun noch weiter die schon bei der Physiologie des Trigeminus erwähnte Bedeutung für die Speichelsecretion in der Glandula submaxillaris zu. In folgender Weise hat sich nach und nach das Material zusammengefügt, welches diese Function des Nervus facialis beweist. Zuerst erwähnte Arnold *), welcher sich davon überzeugt hielt, dass der in die Submaxillardrüse eindringende Nerv eine Wurzel aus der Chorda des Facialis beziehe, einen Fall von Facialislähmung, in welchem eine verminderte Secretion in jener Drüse stattfand. Später, nachdem Ludwig die Entdeckung gemacht, dass die in die Unterkieferdrüse dringenden Nerven der Speichelsecretion vorstehen, fand unter dessen Leitung Rahn **), dass Reizung des Facialis in der Schädelhöhle die Speichelabsonderung in der Glandula submaxillaris und auch in der Parotis (wenigstens beim Kaninchen) bewirkt. Endlich fand ich ***) beim Hunde, dass der Facialis nach seinem Austritt aus dem Foramen stylomastoideum keine Absonderung in der Parotis bewirkende Fäden mehr abgiebt, dass ferner directe Reizung der Chorda Speichelsecretion in der Unterkieferdrüse hervorruft, und endlich, dass man nach durchschnittenem Nervus facialis noch auf reflectorischem Wege die Speichelabsonderung in der Parotis hervorrufen kann. Nach diesen Versuchen ist also klar, dass der Facialis der Speichelsecretion in der Unterkieferdrüse durch die Chorda vorsteht. Ihren Einfluss auf die Speichelsecretion durch directe Reizung zu zeigen, wie ich es ausführte, ist wegen der tiefen und verborgenen Lage der Chorda kein leichter Versuch. Empfehlenswerther ist das Verfahren Bernard's †), zu demonstriren, dass die durch Reizung von der Zungen- und Mundhöhlenschleimhaut auf reflectorischem Wege erzeugte Speichelsecretion aufhört, sobald man mittelst eines kleinen in das mittlere Ohr einführbaren Hakens daselbst die Continutät des Verlaufes der Chorda unterbricht. Rahn's Versuchen zufolge würde sich beim Kaninchen ein gleicher Einfluss auch auf die Ohrspei-

*) Arnold: Untersuchungen im Gebiete der Anatomie und Physiologie. I. Bd. Zürich 1838.

**) Henle's Zeitschrift. Neue Folge. Bd. I. S. 225.

***) Meine Beiträge. Bd. III. S. 49.

†) Bernard: Leçons sur les propriétés physiologiques et les alterations pathologiques des liquides de l'organisme. tome II. p, 910.

cheldrüse geltend machen. Die Speichelsecretion in der Glandula submaxillaris bei Reizung der Chorda ist stets mit einer Beschleunigung des Blutstromes durch die Drüse und Hellerwerden des aus der Drüse strömenden venösen Blutes verbunden. Es fragt sich, ob diese Wirkung als eine weitere, besondere Function des Nervus facialis, insbesondere der Chorda, aufzuführen sei, oder ob auf ihr die vermehrte Secretion bei Reizung des Nerven unmittelbar beruht, so dass diese die Folge jener wäre. Die vorhandenen Thatsachen scheinen allerdings darauf hinzudeuten, dass man ersteres thun müsse. Immerhin mag es sein, dass der beschleunigte Blutstrom ein begünstigender Umstand für die reichliche Speichelsecretion während der Chordareizung ist; aber soweit die Aufhellungen über den fraglichen Punkt gediehen sind, scheint man sich vorstellen zu müssen, dass, damit Speichelsecretion stattfinde, die *Elemente des Drüsenparenchyms* eine besondere Anregung empfangen müssen. Darauf deutet hin: die Speichelsecretion während der Reizung des Nervus sympathicus, welche von keiner erheblichen Veränderung des Kreislaufs begleitet zu sein scheint, und weiter die Thatsache, dass man auf Reizung der Chorda noch eine geringe Speichelsecretion erhält, wenn der Blutstrom durch die Drüse hindurch unterbrochen ist. Es verdient auch noch angemerkt zu werden, dass man durch ein besonderes, experimentelles Verfahren, nämlich durch Einspritzen von kohlensaurem Natron oder sehr diluirter Salzsäure in den Ausführungsgang der Drüse bewirken kann, dass die Reizung der Chorda nur den Blusstrom beschleunigt, dagegen sich auf die absondernden Theile der Drüsenelemente durchaus nicht erstreckt. Es vergiften gleichsam die genannten Lösungen das Drüsenparenchym und machen die weitere Function desselben unwirksam. Diese Erfahrung deutet ebenwohl darauf hin, dass die Erregung des genannten Nerven zwei in der Unterkieferdrüse neben einander verlaufende Wirkungen ausübt, welche nicht dergestalt mit einander verknüpft sind, dass die eine die *nothwendige* Bedingung der andern ist *). Hierzu kommen die bereits oben S. 83 gemachten anatomischen Erfahrungen, nach welchen die in die Submaxillardrüse eintretenden Nerven ihr letztes Ende in den Kernen der die Drüsenbläschen auskleidenden sogenannten Speichelzellen finden. Sonst ist über die Physiologie des Facialis Nichts zu sagen; es sei denn etwa noch die Bemerkung, dass er Einflüsse auf einige Sinnesfunctionen, namentlich das *Gehör,* ausübt, wie man aus einigen Beobachtungen, die man bei Facialislähmung gemacht hat, schliesst. Doch ist dieser Punkt noch nicht befriedigend aufgeklärt.

---

*) G. Gianuzzi: Von den Folgen des beschleunigten Blutstromes für die Absonderung des Speichels. Berichte der kön. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften. Mathematisch-physische Classe. 27. Mai 1865.

Der *Nervus glossopharymgeus.* Er enthält motorische Elemente für die mm. stylopharyngeus, constrictor faucium medius, levator palati mollis und azygos uvulae. Ob er dem Gefühl dienende Fasern führe, ist wahrscheinlich, jedoch experimentell noch nicht ausser allen Zweifel gesetzt. Nur Valentin und Reid wollen Schmerzenszeichen bei seiner Durchschneidung beobachtet haben. Volkmann's Beobachtung, zu Folge welcher nach Durchschneidung dieses Nerven vom hintern Drittheil der Zunge, den Gaumenbögen und einem Theil des Schlundes keine Reflexbewegungen mehr hervorgerufen werden konnten, welche vor seiner und nach Durchschneidung des fünften Paares bestanden, beweisen nur seine Natur als Sinnesnerv im Allgemeinen, nicht aber die specielle als eines Gefühlsnerven. Bedenkt man aber, dass am hinteren Theil der Zunge, wo deutliches Gefühl existirt, nur die Ausbreitungen des Nervus glossopharyngeus gekannt sind; so kann es kaum noch einem Zweifel unterliegen, dass er sensitive Fasern führt. Schliesslich leitet er auf reflectorischem Wege vermehrte Speichelsecretion ein. Schon Stannius beobachtete, dass bei Katzen, denen man nach durchschnittenem Trigeminus Chinin in Milch gibt, bei dem Versuche, sie zu geniessen, eine beträchtliche Menge Speichel entleert wird, welches aber nicht mehr eintritt, wenn auch der N. glossopharyngeus durchschnitten ist. Die vermehrte Speichelsecretion scheint hiernach die Folge eines durch den letzt genannten Nerven vermittelten Ekelgefühls zu sein. In neuerer Zeit haben Ludwig und Rahn *) auf eine directere Weise die eben angeführte Beziehung dargethan. Reizten dieselben nämlich den centralen Stumpf des durchschnittenen Nervus glossopharyngeus bei nicht excerebrirten Thieren, so erhielten sie lebhafte Speichelsecretion, welche durch den Trigeminus und Facialis vermittelt wurde. Nach den Continuitätstrennungen der letzteren blieben jene Wirkungen aus. Wir finden also hier eine ähnliche Function, wie sie oben für den Ramus lingualis Nervi trigemini gemeldet wurde. Der Glossopharyngeus scheint aber den Trigeminus in dieser Beziehung zu übertreffen.

§. 23.

Physiologie des Nervus vagus.

Dieser Nerv ist durch seine weit reichende Verbreitung und die Mannigfaltigkeit seiner Functionen ausgezeichnet und für physiologische Betrachtungen besonders ausgiebig. Zugleich ist aber auch die Ausmittelung der ihm von Hause aus zukommenden Functionen mit

*) Henle's Zeitschrift. Neue Folge. Bd. I. 285.

besonderen Schwierigkeiten verbunden, weil er nämlich gleich bei seinem Austritt aus dem Schädel sich mit anderen Nerven verbindet. Man hat es daher für die Beantwortung mancher Fragen vorgezogen, die bezüglichen Experimente am Halstheil des Nerven anzustellen. Dies soll betreffenden Orts immer besonders hervorgehoben werden. Es lässt sich aber die physiologische Bedeutung des Nervus vagus in folgenden Punkten zusammenfassen:

1. *Er übt motorische Wirkungen im gewöhnlichen Sinne des Wortes aus.* Dieselben sind natürlich nur dadurch auszumitteln, dass man die *Ursprungsfasern* des Vagus *vorsichtig* electrisch oder auf irgend eine andere Weise reizt. Mit dieser Ausmittelung der motorischen Functionen des Vagus haben sich viele Physiologen nach einander beschäftigt; jedoch ist die Uebereinstimmung zwischen ihren Angaben nicht gross. Ohne Zweifel ist dies zum Theil dem Umstande zuzuschreiben, dass Manche sich der electrischen Reizung bedienten und ihre Untersuchungen in eine Zeit fallen, in der man noch keine Kenntniss von der Gefahr hatte, welche die secundären Wirkungen eines Nerven anrichten können, wenn derselbe einem anderen motorischen Nerven anliegt. Wir stellen zunächst unter den vorhandenen Angaben diejenigen zusammen, welchen *mechanische* Reizungen zu Grunde liegen. Sie können zwar unvollkommen sein, indem bei einigermassen gesunkener Erregbarkeit mechanische Reize sehr schwache, oder gar keine Zuckungen mehr auszulösen vermögen, und demgemäss der Prüfung einige Muskeln entgehen, aber sie sind von den Fehlern, die sich bei electrischer Reizung leicht einschleichen, frei. Von den *Wurzelfäden* unseres Nerven nun sind auf diese Weise in Bewegung gesetzt worden: *m. constrictor pharyngis supremus* *), *medius et infimus, Oesophagus* **), Muskeln des weichen Gaumens: *levator veli palati, azygos uvulae* und *m. pharyngostaphylinus* ***). Höchst wahrscheinlich schliesst sich diesen noch der Magen und vielleicht auch noch der obere Theil des Dünndarmes an. Bis jetzt ist allerdings keine Beobachtung bekannt, nach welcher eine mechanische Reizung der Wurzelfäden des Vagus jene Theile in Contractionen versetzt hätte, dagegen ist es eine allbekannte Thatsache, dass

---

*) Volkmann: Ueber die motorischen Wirkungen der Kopf- und Halsnerven. Müller's Archiv, 1840. S. 491. Van Kempen: Nouvelles recherches sur la nature fonctionelle des racines du nerf pneumogastrique et du nerf spinal. Bulletin de l'académie de méd. de Belgique, 1862. S. 668 et 1863. Nr. 3. S. 182.

**) Van Kempen l. c. Volkmann l. c. 491.

***) Ueber die Nerven des Gaumensegels. Müller's Archiv, 1844. S. 295. Volkmann l. c. S. 491. Bischoff: Müller's Archiv, 1845.

die electrische Erregung des Halstheils des Vagus diese Erfolge hat. Sie sind bei Hunden und Schafen besonders deutlich. Wer literärische Zeugen für diese Behauptung haben will, lese die Arbeiten von Hartung*) und Ravitsch**) nach. Doch hüte man sich, mit dem Letzteren zu glauben, dass die Bewegungen der Magenwände unter dem alleinigen Einfluss des Nervus vagus stünden, indem man mit ihm die nach der Vagussection am Magen noch auftretenden Bewegungen als Folge der durch den Magensaft und Futterstoffe gereizten peripherischen Endverzweigungen des Nervus vagus auffasst. Die von demselben zur Begründung seiner Ansicht angeführten Versuche scheinen mir nicht beweisend zu sein. Bei galvanischer Reizung der Vagusurprünge hat man auch einige Kehlkopfmuskeln zucken sehen; ich habe aber keine Angabe gefunden, dass dies auch bei mechanischer Reizung beobachtet worden sei. Es ist früher vielfach von einem Einfluss des N. vagus auf die Zusammenziehung muskulöser Elemente in der Lunge die Rede gewesen. In neuerer Zeit scheint man sich von dieser Meinung abzuwenden. Man hat zwar bei Reizungen des Nervus vagus die Säule eines in die Luftröhre eingeführten Wassermanometers steigen sehen, allein die Erhebung geschah *ruckweise* und verschwand, als man die Speiseröhre vom Magen unterhalb des Zwerchfells abband und während ihres Verlaufes durch die Brusthöhle sorgfältig von den Lungen sonderte. Hieraus ergiebt sich, dass die Zusammenziehungen von Speiseröhre und Magen es sind, welche jene Erscheinung im Manometer bedingen ***).

2. *Er schliesst sensitive Fäden ein.* Dies ergiebt sich aus dem Umstand, dass beim Durchschneiden einzelner seiner Fäden Schmerzenszeichen beobachtet werden; besonders auffallend sind sie indess nicht. Bis jetzt sind noch wenig ernste Versuche gemacht, die Flächen auszumitteln, auf denen sie sich verbreiten. Die innigen Verbindungen des Vagus mit dem Glossopharyngeus werden derartige Versuche auch besonders erschweren. Sieht man von letzterem Punkte ab, so kann man etwa sagen, dass der Vagus die Schleimhaut des Kehlkopfs und der Luftröhre sensibel mache. Für den ersteren leuchtet dies unmittelbar aus den anatomischen Erfahrungen ein, dass sich die Fäden des genannten Nerven

*) Ueber den Einfluss des Nervus vagus auf die Bewegungen des Magens der Wiederkäuer. Giessen 1860.

**) Ueber den Einfluss des Vagus auf die Magenbewegung. Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv, 1861. S. 770.

***) Rügenberg: Ueber den angeblichen Einfluss der Nervi vagi auf die Lungen. Heidenhain's Studien des physiolog. Laboratoriums zu Breslau. II. Heft. Leipzig 1863. S. 47.

bis zur Schleimhaut jenes Theil präpariren lassen, wo sie nicht leicht anderen Functionen dienen können; für die letzteren liegen Erfahrungen von Longet *) vor, nach welchen Betupfen der Trachealschleimhaut mit verschiedenen Flüssigkeiten Husten erzeugte, welcher ausblieb, wenn vorher die beiden Vagi am Halse durchschnitten waren. Höchst wahrscheinlich wird auch ein Theil des äussern Ohrs durch den Vagus, nämlich dessen Ramus auricularis, empfindlich gemacht.

Die Functionen, von denen im Folgenden noch berichtet wird, sind sämmtlich am Halstheil des Vagus ausgemittelt worden, so dass man also nicht genau weiss, in welchen Nervenbahnen ihre Fäden ursprünglich gelegen haben. Für die eine oder andere Function hat man wohl in neuerer Zeit Aufklärung in dieser Beziehung wirklich oder angedeutet erhalten, worauf wir bei passender Gelegenheit zu sprechen kommen werden.

3. *Er regulirt die Herzbewegung.* Erfahrung und Theorie über diesen Gegenstand der Nervenphysiologie sind bereits zu einem ansehnlichen Stoff herangewachsen. Indess ist derselbe nicht ausgiebig und durchsichtig genug darzulegen, wenn wir nicht hier die Grenzen der Physiologie des Nervus vagus ein wenig überschreiten und die gesammte Physiologie der Herzbewegung, insoweit diese mit dem Nervenleben zusammenhängt, berücksichtigen. Wir beginnen mit der Darlegung des Factischen. Was darüber vom Nervus vagus mitgetheilt wird, bezieht sich zunächst auf den Halstheil desselben. Die Frage, ob dieser Nerv in seinen Wurzelfasern die für die Herzbewegung bedeutsamen Elemente führe, soll später besonders vorgenommen werden.

Es ist eine von Lower gemachte und seitdem von allen Seiten her bestätigte Erfahrung, dass nach der Durchschneidung eines, noch besser aber *beider* Nervi vagi, das Herz schneller schlägt. Doch scheinen hier bei verschiedenen Thieren grosse Verschiedenheiten vorzukommen. Während bei den *Säugethieren* die Vermehrung des Herzschlags nach der Vagussection sehr beträchtlich ist, so dass sie bei ihnen für den Fall, dass beide Vagi durchschnitten werden, $^1/_4$—$^1/_3$ der Normalzahl beträgt, fällt sie bei den *Vögeln* schon viel geringer aus, und bei *Fröschen* ist sie mit Sicherheit noch gar nicht beobachtet **). E. Weber ***) und Budge †)

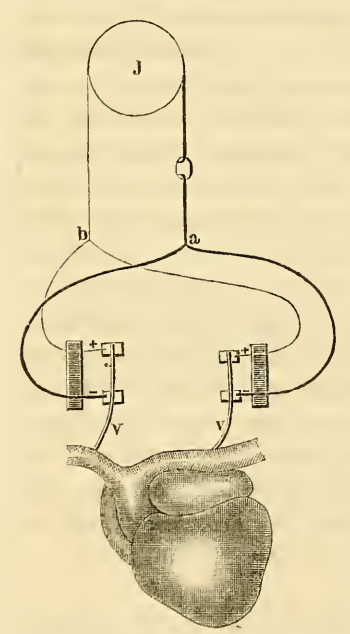
*) Longet: Anatomie et Physiologie du Système nerveux. t. II. p. 289.

**) Einbrodt: Ueber den Einfluss der Nervi vagi auf die Herzbewegung bei Vögeln. Archiv von Reichert und E. du Bois-Reymond. 1859. S. 456.

***) Weber: Artikel Muskelbewegung in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. S. 40.

†) Budge: Froriep's Notizen. Mai 1846. Die erste Entdeckung dieser wichtigen Thatsache kommt ohne Zweifel E. Weber zu; denn dieselbe wurde schon

entdeckten dann weiter, wie es scheint unabhängig von einander, dass eine electrische Reizung des peripherischen Endes des durchschnittenen Vagus je nach ihrer Intensität *Verlangsamung* resp. *Stillstand* und zwar in Diastole erzeugt. Man kann hinzufügen, dass beide Zustände des Herzens schon durch Reizung nur eines Vagus erzeugt werden können; selbstverständlich gehört aber dazu ein weit höherer Grad des Reizes, als wenn man beide Vagi zu derselben Zeit der Reizung unterwirft. Diese Thatsache ist wohl früher bezweifelt worden; ich kann sie aber, auf zahlreiche, eigne Wahrnehmungen gestützt, als wahr versichern und weiss auch, dass andere Beobachter dieselbe ausdrücklich angeben. Nach Entfernung des Reizes bleibt das Herz, namentlich, wenn man sich etwas stärkerer Ströme bedient, durch eine Anzahl von Secunden, ja selbst eine Minute lang, noch im Zustande der Diastole. Soll die Methode der electrischen Erregung der Vagi vorwurfsfrei sein, so muss die Anordnung so getroffen werden, dass nicht irgend ein Antheil des Stromes seinen Weg durch das Herz selbst nehme. Dies erreicht man am besten auf folgende Weise. Man spaltet, siehe die beistehende, rein schematisch gehaltene Figur, eine jede Electrode a und b in zwei Theile und führt zu einem jeden vagus von je einem Pol einen Zweig und ordnet sie so an, dass an beiden Vagis sich gleichnamige Pole gegenüber stehen. Uebersieht man dies, so läuft man Gefahr, dass sich ein Theil der ungleichnamigen Spannungen durch das Herz abgleicht. Um sich leicht zurecht finden zu können und um fehlerhafte Anordnungen zu vermeiden, bedient man sich für den einen Pol und seiner Zweige anders gefärbter Drähte, als für den andern. So wird jeder Vagus von unterbrochenen Strömen durchsetzt, ohne dass Zweige derselben durch den Herzmuskel selbst gehen. An irgend einer Stelle unterbricht man den Kreis durch einen Quecksilbernapf, oder, was noch besser ist, man schaltet den oben S. 42 beschriebenen Schlüssel vor der Spaltung der Poldrähte ein, um nach Belieben das Herz schlagen oder stille stehen zu lassen. Dieselben



im September 1845 von dessen Bruder E. H. Weber auf der Versammlung der italienischen Naturforscher in Neapel vorgetragen und erschien im November 1845 gedruckt

Erfolge lassen sich nahezu auch durch andere Reizungsarten erzielen. Ich *) selbst habe durch Reizung des Vagus beim Frosch mit concentrirter Kochsalzlösung Verlangsamung und Stillstand erzeugt. Es ist für die Theorie der Vagus-Wirkung nicht ohne Interesse, hierbei zu bemerken, dass in diesem Versuche keine der Erscheinungen beobachtet wird, welche wir nach S. 117 an anderen quergestreiften Muskeln sehen, wenn wir ihre Nerven in gleicher Weise reizen, sondern mit der allmähligen Zunahme der Summe der gereizten Nervenfasern schlägt das Herz immmer langsamer und langsamer, bis es nach wenigen Minuten sich vollkommen in diastolische Ruhe begiebt. Bei Vögeln hat Einbrodt **) durch mechanische Reizung mit Hilfe des Tetanomotors zwar keinen Stillstand, aber doch Verlangsamung des Herzschlags erzielt. Nach Pflüger's ***) Versicherung ist aber auch der erstere durch diese Art der Reizung zu erreichen. Mir selbst ist dieser Versuch bis jetzt nicht gelungen. Auch am lebenden Menschen ist nach Czermak †) durch Druck auf den Vagus am Halse Verlangsamung des Herzschlags zu erreichen; doch ist der Versuch wegen der dabei ohne Zweifel stattfindenden Veränderungen des Blutlaufs in den Gefässen, namentlich in den Venen zum Herzen hin und des möglicher Weise hierdurch geänderten Herzschlags nicht überzeugend genug.

Für im Wesentlichen identisch mit diesen Versuchen muss man das folgende von Bernstein ††) angegebene Experiment halten. Wenn man bei einem Frosche mit unverletzten Vagis den Grenzstrang des Sympathicus da, wo er zur Bauchaorta tritt, durchschneidet, und dann das *centrale* Ende desselben electrisch reizt, so erhält man nach einigen

---

in: Annali universali di medicina del dott. Omodei. T. LXVI. p. 227. Budge's Versuche erschienen erst im Jahre 1846. Ebensowenig wie Budge hat Volkmann einen begründeten Antheil an dieser Entdeckung, obschon es von Herrn E. Heidenhain, in Müller's Archiv, 1858, S. 504 durch Verweisung auf frühere Arbeiten von Volkmann behauptet wird. Ed. Weber hat im Archiv von Reichert und du Bois-Reymond, 1859, S. 292 gezeigt, dass Herr Heidenhain im Irrthum ist, da Volkmann seine früheren Behauptungen ausdrücklich zurückgenommen. In gleicher Weise hat Cl. Bernard kein wissenschaftliches Recht an der ersten Auffindung dieser Thatsache. Seine Beobachtung darüber datirt sich erst vom Jahre 1846. Siehe Cl. Bernard: Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux. Tome II. S. 381.

*) Eckhard: Zur Theorie der Vaguswirkung. Müller's Archiv. 1851. S. 205.

**) l. c. S. 457.

***) Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. 1859. S. 25.

†) Czermak: Ueber mechanische Vagusreizung beim Menschen. Jenaer Zeitschrift. II. 3. 1865.

††) J. Bernstein: Herzstillstand durch Sympathicus-Reizung. Hermann's Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften. 1863. Nr. 52.

Schlägen Herzstillstand in Diastole. Durchschneidet man vorher die Vagi, oder zerstört das verlängerte Mark, so ist die genannte Reizung erfolglos. Trennt man vorher das Rückenmark zwischen dem dritten und vierten Wirbel, so bleibt der Stillstand gleichfalls aus; führt man die Trennung zwischen dem vierten und fünften Wirbel aus, so wird zwar Stillstand erhalten, er ist aber nicht so anhaltend. Man schliesst hieraus, dass aus dem Sympathicus durch die Rami communicantes Fasern in das Rückenmark treten, in ihm in die Höhe steigen und, gereizt, *reflectorisch* auf den Vagus wirken. Ich habe diesen Versuch mit gleichem Erfolg wiederholt. So ist auch höchst wahrscheinlich der folgende, von Goltz *) angegebene Versuch zu deuten. Legt man nämlich an einem auf den Rücken befestigten Frosch das Herz bloss und klopft auf dasselbe sehr rasch, etwa 20 mal in der Minute, so fängt es nach und nach an langsamer zu schlagen und steht endlich in Diastole still. Der Erfolg versagt, wie im vorherigen Experiment, bei zerstörtem verlängerten Marke oder durchschnittenen Vagis. Stellt man sich vor, dass durch die Erschütterungen des Klopfens der Sympathicus gereizt wird, so geschieht der Herzstillstand auf reflectorischem Wege, wie vorher. Auch am Kaninchen hat Bernstein **) die Beziehungen zwischen Vagus und Sympathicus bezüglich ihrer Stellung zur Herzbewegung studirt. Reizung des centralen Stumpfes des Halssympathicus brachte deutliche Verlangsamung des Herzschlags zu Stande. Diese Erscheinung trat nicht ein nach vorgängiger Vagustrennung oder Zerstörung des Rückenmarks. Weiter aber beobachtete er noch, dass man nach Durchschneidung der Vagi keine Verlangsamung des Herzschlags erhält, wenn man vorher das Rückenmark in der Gegend des siebenten Halswirbels durchschnitten und die Sympathici bis zum untersten Halsganglion ausgerottet hat, oder wenn man auch nur die letzteren von der siebenten Rippe an abwärts möglichst vollständig trennt. Aus diesen Versuchen ist der Schluss gerechtfertigt, dass das Centralorgan, durch dessen Wirkung auf den Vagus das Herz die gewöhnliche Zahl seiner Pulsationen ausführt, diese Function auf reflectorischem Wege durch Vermittelung des Sympathicus eingeprägt erhält. Auf welche Art der Vagusreizung nun auch der diastolische Herzstillstand erzeugt worden sein mag, er stellt niemals eine *Bewegungsunfähigkeit* der Herzsubstanz dar; denn eine jede directe Reizung der letzteren zu der angegebenen Zeit, etwa durch Berührung

---

*) Goltz, in Virchow's Archiv. 1862.

**) Bernstein: Vagus und Sympathicus. Hermann's med. Centralblatt. Nr. 16. 1864. S. 141—243.

mit einer Nadelspitze, lösst augenblicklich eine Pulsation, aber auch nur diese, aus.

So einfach stellen jedoch nicht alle Physiologen die Beziehungen des Nervus vagus zum Herzen dar. Es werden vielmehr noch die folgenden Thatsachen berichtet, und wie wir hernach sehen werden, wird dadurch dem Vagus eine andere Stellung dem Herzen gegenüber zuzuertheilen versucht, als sie aus den bisher mitgetheilten Erfahrungen allein folgen würde. Zuerst war es Schiff *), welcher die Behauptung aufstellte, dass eine *gelinde* Reizung des herumschweifenden Nerven die *Häufigkeit* der Herzschläge *vermehre,* während der Herzschlag nur dann *seltener* werde, oder ganz *aufhöre,* wenn *stärkere* Reize in Anwendung kämen. Ihm schloss sich später Moleschott **) durch die Veröffentlichung einer ausgedehnten Abhandlung an, in welcher das von Schiff behauptete Factum als *wahr* anerkannt wurde. Specieller ist noch darin mitgetheilt, dass in den günstigsten Fällen beim Kaninchen die Vermehrung gegen $^2/_5$, beim Frosch aber das Doppelte der Zahl bei nicht gereizten Nerzen betragen haben. Beide Forscher haben die Zunahme der Pulszahl auch bei andern, als electrischen Reizungen beobachtet. Diesen Angaben ist von mehren anderen, gleich achtbaren Seiten, widersprochen worden. Zuerst hat Pflüger ***) durch viele und allmähliche Grade der Abstufung der Inductionsströme sich *vergeblich* bemüht, eine Vermehrung der Pulsfrequenz bei gelinder Reizung der Nervi vagi hervorzurufen. Die Versuche wurden in der Art angestellt, dass man die beiden Rollen des du Bois'schen Inductionsapparates anfänglich so weit von einander entfernte, dass die Inductionsströme so schwach ausfielen, dass sie nicht einmal den Muskel des gewöhnlichen Nerv-Muskelapparates vom Nerven aus in Zuckungen zu versetzen vermochten und dann von hier an durch Näherung der Rollen zu einer wachsenden Stromstärke übergieng. Sodann hat v. Bezold †), durch Moleschott's vorher erwähnte Arbeit dazu aufgefordert, diese Angelegenheit gleichfalls geprüft. Er war bei seinen Versuchen nicht glücklicher, als Pflüger; in allen

*) Schiff: Archiv für physiologische Heilkunde. Jahrgang VIII, S. 211 und an mehren anderen Orten.

**) Moleschott: Untersuchungen über den Einfluss der Vagus-Reizung auf die Häufigkeit des Herzschlags; in dessen: Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere. VII. Bd. S. 401.

***) Pflüger: Experimentalbeitrag zur Theorie der Hemmungsnerven. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. 1859. S. 13 ff.

†) v. Bezold: Ueber die Einwirkung der Nervi vagi und des Sympathicus auf das Herz. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. Jahrgang 1862. S. 143.

Fällen, in denen er bei Fröschen und Kaninchen vom Vagus aus überhaupt eine Einwirkung erzielen konnte, bestand sie in *Verlangsamung* oder *Sistirung* des Herzschlags. Auch Forsblom *) kam zu demselben Resultat. Bei dieser Sachlage war es mir Bedürfniss, mich selbst über den streitigen Punkt durch eigne Versuche aufzuklären. Ich bin an die Ausführung derselben durchaus mit keinem Vorurtheil gegangen; denn nicht allein weiss ich aus eigner Erfahrung, wie man sich durch ein solches, selbst in den einfachsten Dingen, verrennen kann, sondern es forderte mich dazu noch besonders die, um den gelindesten Ausdruck zu gebrauchen, der Wissenschaft gänzlich unwürdige Hitze auf, in welche die Herren Pflüger und Schiff über ein so unschuldiges Object gerathen sind. Meine Versuche und Erfahrungen sind nun die folgenden: Bei chemischer Reizung durch Kochsalzlösung, sowohl concentrirte als auch in der von Moleschott angewendeten Verdünnung, erzielte ich nur Verlangsamung und Stillstand. Im Anfang meiner Versuche kam es mir ein paar mal vor, als sei eine Beschleunigung zu beobachten; als ich aber das Froschherz nach seiner Bloslegung durch 5 bis 15 Minuten hindurch auf die Anzahl seiner Schläge ohne Reizung seiner Nervi vagi untersuchte, kamen dabei so viele Unregelmässigkeiten vor, dass, diesen Rechnung tragend, ich nicht die Ueberzeugung einer Vermehrung des Herzschlags bei der fraglichen Reizungsart gewinnen konnte. Die electrische Reizung habe ich in allen Abstufungen, welche sich durch Verschiebung der Rollen des Inductionsapparates und die Einschaltung des Rheochords erzielen liessen, auf einen und auf beide Vagi mit jeder nur erdenklichen Vorsicht angewandt. Umsonst habe ich aber auch hier auf den Eintritt der Beschleunigung des Herzschlags gewartet. Woher die Verschiedenheit der Erfolge in den Versuchen von Schiff und Moleschott gegenüber denen anderer Forscher rühre, lässt sich kaum sagen. Dass die letzteren niemals sollten in die Stromgrenzen hineingerathen sein, innerhalb deren die ersteren gearbeitet haben, ist bei ihrer grösseren Anzahl und der Anwendung der vollkommensten Mittel, welche die Wissenschaft für den fraglichen Zweck zur Zeit bietet, nicht zu erwarten. Sollte ihnen jedoch zugemuthet werden, zu glauben, dass dies dennoch der Fall sei, so werden sie sich in die Nothwendigkeit versetzt sehen, sich von ihren Gegnern genauere Angaben über den Integralwerth und die Dauer der von ihnen angewendeten Inductionsströme auszubitten. Freilich kann auch dieses Mittel, Uebereinstimmung herbeizuführen, fehlschlagen, da Alles schliesslich von der Art zu arbeiten abhängt. Nach meiner subjectiven Meinung glaube ich,

*) Forsblom: Nervus vagus tamen nervus inhibens. Jenae 1863.

dass sich Fehler in den Reizmethoden bei Schiff und Moleschott unbemerkt eingeschlichen haben, wenigstens sieht man aus einzelnen Angaben, welche die genannten Forscher über das Arrangement mancher ihrer Experimente machen, sofort die Möglichkeit der Tücken electrischer Reizungen ein, obschon, befremdend genug, jene Forscher nicht angeben, wie sie sich vor denselben gesichert.

Um die Stellung zu ermitteln, welche der Nervus vagus dem Herzen gegenüber einnimmt, sind noch einige andere Versuche angestellt worden, die noch zu beschreiben sind, bevor wir zu anderen Theilen des Herznervensystems übergehen können. Die Erfahrungen, welche wir über den innigen Zusammenhang der physiologischen Leistungen der Nerven und ihren electrischen Wirkungen während ihrer Thätigkeit besitzen, mussten in Anbetracht der eigenthümlichen Wirkungsweise des Nervus vagus dem Herzen gegenüber zu einer Prüfung seines Verhaltens im Multiplicatorkreis auffordern, während er von tetanisirenden Strömen durchsetzt wird. Du Bois und nach ihm v. Bezold *) haben bei Untersuchungen über diesen Punkt keine Differenz zwischen ihm und anderen Nerven auffinden können. Moleschott und Hufschmid **) dagegen lehren, dass der Grad von Reizung, welcher den Herzschlag beschleunigt, immer von einer *positiven* oder negativen Stromschwankung begleitet wird, dass dagegen eine so starke Erregung, welche Verlangsamung oder Stillstand hervorruft, *keine* Schwankung des Nervenstromes bewirkt. Ich schlage mich auf die erste Seite, so lange Moleschott die oben, S. 66 von ihm behauptete, positive Schwankung des Nervenstromes im Tetanus nicht von dem dort ausgesprochenen Verdachte gereinigt hat.

Hieran schliessen sich die Erfahrungen über die Einwirkung *constanter* Ströme auf den Nervus vagus. Obschon die Bedeutung derselben erst nachher bei der Darlegung der Theorie der Vaguswirkung klar hervortreten kann, so mögen sie doch schon hier, um die experimentellen Thatsachen möglichst zusammengedrängt vorausgehen zu lassen, erwähnt werden. Ich bemerke dabei, um einstweilen ihren Werth anzudeuten, dass sie wesentlich zur Prüfung einer besonderen Hypothese über die Stellung des Vagus dem Herzen gegenüber angestellt worden sind, nach welcher sich vorgestellt wird, dass die Herzbewegung in der Art zu Stande komme, dass die in der Herzmuskulatur sich verzweigenden Vagusäste durch das Blut zur Innervation angeregt würden. Bekanntlich verändert nun ein constanter Strom, wenn er durch einen Nerven fliesst,

*) v. Bezold l. c. S. 144.

**) Moleschott und Hufschmid: Experimenteller Beweis der Theorie, nach welcher der Vagus ein Bewegungsnerv des Herzens ist; in: Moleschott's Untersuchungen etc. Bd. 8. S. 72.

die Erregbarkeit desselben in entgegengesetzter Weise und bestimmt dadurch die Grösse des Erfolgs des Erregungsmittels oder Reizes. Es muss also auch der nach jener Theorie als Ursache der Herzbewegung vorausgesetzte Reiz durch constante Ströme, welche man durch den Vagus sendet, in seinen Wirkungen geändert werden und zwar in einer Weise, welche sich nach den S. 101 und 102 mitgetheilten Erfahrungen vorausbestimmen lässt. Der Leser mache diese Ableitungen für sich selbst durch; er wird sich dann sagen können, ob die folgenden Erfahrungen im Sinne jener Vorstellung von der Wirkungsweise des Vagus dem Herzen gegenüber reden. Zuerst hat Moleschott *) von den Einflüssen constanter, durch das peripherische Stück des durchschnittenen Vagus geschickter Ströme berichtet. Nach ihm sollen in diesem Nerven *absteigend* gerichtete Ströme den Herzschlag *vermehren, aufsteigende* ihn *vermindern*. Dann hat v. Bezold **) denselben Gegenstand vorgenommen, jedoch andere Resultate, als Moleschott, erhalten. Am Kaninchenherzen fand er Folgendes: Bei schwachen und starken absteigend im Vagus gerichteten Strömen findet eine kleine *Abnahme* der Zahl der Herzschläge statt. Sind die Ströme aufsteigend, so beobachtet man bei der Anwendung schwacher Stromstärken mit der Schliessung entweder gar keine Veränderung der Pulszahl oder eine Verminderung derselben, mit der Oeffnung eine deutliche Abnahme. Wächst bei derselben Stromesrichtung die Stromstärke, so sieht man beim Schluss keine Verlangsamung des Herzschlags, wohl aber eine solche beim Oeffnen der Kette.

Endlich war es noch von Interesse zu wissen, wie sich wohl der Nervus vagus dem *ruhenden* Herzen gegenüber verhalten würde, indem man daran dachte, dass es wohl möglich sei, den Herzschlag auch ohne Reizung des Vagus zu sistiren. In dieser Beziehung machte Schelske ***) den folgenden Versuch bekannt. Wenn man das blosgelegte Froschherz auf 30—33° erwärmt, so fängt es anfangs an, ein wenig schneller zu schlagen, dann aber werden seine Schläge seltener und bald steht es gänzlich in der Form der Diastole stille. Wenn man dann zu dieser Zeit durch den Nervus vagus einen einzigen Inductionsstrom schickt, so führt das Herz eine einmalige Pulsation aus. Wegen des hohen Interesses, welches sich an diese Angabe von Schelske knüpfte, nicht blos für die Theorie der Vaguswirkung dem Herzen gegenüber, sondern auch für die Aufklärung der verschiedenen Erfolge,

*) Moleschott und Hufschmid: l. c. S. 113.

**) v. Bezold: Untersuchungen über die Innervation des Herzens. S. 71 ff.

***) Schelske: Ueber die Veränderungen der Erregbarkeit der Nerven durch die Wärme. Habilitationsschrift. Heidelberg 1860. S. 20 ff.

welche man bei Reizung der Nervi splachnici erhält, habe ich den beschriebenen Versuch mit aller möglichen Vorsicht wiederholt. Derselbe ist mir aber nie gelungen; nur wenn die eine Electrode dem Herzen so nahe angelegt war, dass Stromesfractionen das letztere selbst trafen, erhielt ich eine Pulsation. Mein Verfahren war folgendes: Den zur Vagusreizung vorbereiteten Frosch, dessen Herz vollkommen blosgelegt war, gab ich in ein Gefäss, welches mit einem Deckel von Gutta-Percha verschlossen war. Durch den letzteren führten zwei metallene Electroden, von welchen die eine zu einem Haken umgebogen und mittelst eines feuchten Fadens mit dem oberen Ende des Vagus verknüpft war, während die andere so weit abwärts, als möglich, dem Nerven dicht anlag, doch so, dass sie die Herzsubstanz nicht berührte und auch durch feuchte Zwischengewebe keinen Stromantheil zum Herzen zu gehen erlaubte. Das Ganze stellte ich dann in ein Gefäss mit Oel von c. 34° und verband die beiden Electroden mit der secundären Rolle eines Inductionsapparates. Nachdem das Herz unter der vorher beschriebenen Veränderung seiner Schlagfolge zur Ruhe gekommen war, lösste ich die einzelnen Inductionsstösse aus; aber selbst die physiologisch wirksamern Oeffnungsschläge hatten nicht den von Schelske angegebenen Erfolg, selbst dann nicht, wenn beide Rollen übereinandergeschoben und sämmtlicheDrahtstücke in das Innere der primären Rolle gegeben waren. Das Oelbad wählte ich desshalb, weil ich in einem Wasserbade unipolare Ableitungen des durch den Vagus unvollkommen geschlossenen Inductionskreises durch das Herz hindurch fürchtete. Dass in meinen Versuchen Alles in Ordnung war, ergab sich aus dem Umstand, dass bei derselben Stellung der Electroden, mit welcher ich den Versuch ausführte, ich nachher, wenn das Herz in Folge der Abkühlung wieder zu schlagen begann, durch Tetanisirung des Nervus vagus diastolischen Stillstand erzeugte.

Ehe wir den Vagus verlassen, muss noch die Frage berührt werden, ob die von allen Beobachtern zugegebene Wirkung desselben, nach Durchschneidung Vermehrung des Herzschlags und bei einem gewissen Grade der Reizung Herzstillstand zu erzeugen, diesem Nerven von Hause aus zukomme, oder ob sie demselben durch fremde Bahnen, etwa den Nervus accessorius, mit dem sich der Nervus vagus bekanntlich verbindet, zugeführt werden. Ueber diesen Punkt existiren Angaben von Waller, Schiff *), Daszkiewicz **) und Heidenhain ***). Alle Beobachter

---

*) Schiff: Influence du nerf spinal sur les mouvements du coeur. Comptes rendus; tome LVIII. 1864. S. 619.

**) Hermann's medicinisches Centralblatt. Nr. 32. 1864.

***) Heidenhain's physiologische Studien. III. Heft. 1865. S. 107.

stimmen in der Wahl des experimentellen Verfahrens und ihren Angaben über den Erfolg desselben überein. Sie reissen nämlich bei einem Thiere (Kaninchen) den Nervus accessorius aus, warten dann einige Tage, damit die peripherisch im Vagus verlaufenden Fasern desselben entarten und dadurch erregungsunfähig werden, um nach Verlauf dieser Zeit den Erfolg der electrischen Reizung des Vagus am Halse zu beobachten. Sie finden nach c. 4—5 Tagen, dass dann auf diese Weise kein Stillstand mehr erzeugt werden kann. Entsprechend diesem Verhalten hat Heidenhain auch unmittelbar nach der Ausrottung des Nerven den Puls in die Höhe gehen sehen. Von Schiff wird jedoch diese letztere Meinung nicht getheilt. Er vertheidigt die Vermehrung des Herzschlags nach der Durchschneidung des Vagus am Halse einerseits und den bei Reizung eben derselben Nervenbahn an derselben Stelle entstehenden Herzstillstand andrerseits als an zwei verschiedene Hirnnerven geknüpfte Functionen. Er behauptet, dass die Vermehrung des Pulsschlags nach der Trennung des Vagus am Halse Nichts mit Fasern des Accessorius zu thun habe, sondern eine Wirkung der Durchschneidung der ächten Vagusfasern, während der Herzstillstand nur Folge der Galvanisation der Accessoriusfasern sei. Ich für meinen Theil kann mich nicht bei der bisherigen Beweisführung, sei es, dass sie die Vorstellung Heidenhain's, sei es, dass sie die Schiff's begründen soll, beruhigen. Mir ist die *Ausreissung* des Nervus accessorius eine viel zu unsichere Operation, welche mir nicht die Ueberzeugung giebt, dass dabei alle Vagusfasern bis zu ihrem Ursprung im verlängerten Mark intact bleiben. Ich bin vielmehr der Meinung, dass eine Entscheidung in der fraglichen Angelegenheit nur auf die folgende Weise herbeizuführen ist. Man muss zuerst den Ursprung des Nervus accessorius bloslegen, und bevor man seine Wurzeln trennt, die Häufigkeit des Pulsschlags durch Kymographion oder Sphygmographion bestimmen. Dann sind die Ursprungsfäden jener Nerven zu trennen, und es ist zu sehen, ob eine Aenderung in der Schnelligkeit des Herzschlags eintritt. Soweit hat die Sache nach einigen Proben, die ich angestellt habe, bei einiger, fortgesetzter Uebung keine Schwierigkeit. Zu überwinden ist bei dieser zwischen Atlas und Hinterhaupt mittelst Spaltung der Membrana obturatoria auszuführenden Operation nur zweierlei, nämlich: die Gefahr starker Blutung, welcher man durch Eröffnung von venösen Sinusen ausgesetzt ist, welche seitlich im Operationsfelde unter den Knochen verlaufen und ausserdem, wie es mir hat scheinen wollen, die Trübungen des Resultates, welche durch Wirkungen der Luft, oder Druck des sich etwa ergiessenden Blutes, vielleicht auch der Instrumente, auf die Ursprungsstellen der Nervenfäden, deren Trennung Beschleunigung des Herzschlags

erzeugt, noch ehe man die Wurzelfäden der zu prüfenden Nerven getrennt hat. Ohne Zweifel lassen sich diese beiden Uebelstände durch einige Uebung beseitigen. Dann aber kommt ein Abschnitt des Experimentes, von dem es sehr schwer halten wird, ihn vorwurfsfrei auszuführen, nämlich die erneute Aenderung in der Schlagfolge des Herzens durch Reizung des Nervus vagus oder accessorius; denn die electrische Reizung wird stets wegen der innigen Aneinanderlagerung beider Nerven ihre Bedenken haben, und die chemische wird bei der Beschränktheit des Operationsraumes ihre Schwierigkeiten in der Anwendung finden. Doch muss, meiner Meinung nach, diesem Plan gemäss experimentirt werden, wenn die fragliche Angelegenheit ins Reine kommen soll. Meine bisherigen Versuche sind theils durch die unvorsichtige Eröffnung der genannten Sinuse, theils dadurch fehlgeschlagen, dass ich den Herzschlag, noch ehe ich irgendwelche Nervenfäden getrennt hatte, schon so sehr beschleunigt fand, dass kein Erfolg der nachfolgenden Trennung der Accessoriusfasern zu beobachten war. Ich werde diese Untersuchung, falls sie nicht von anderer Seite her nach diesem oder ähnlichem Plane angegriffen wird, wieder aufnehmen.

Neben dem Nervus vagus ist zweitens der *Grenzstrang des Sympathicus* und zwar zunächst dessen Halstheil in Betracht zu ziehen. Es ist merkwürdig, dass auch diese, einen so einfachen Nerven betreffende Angelegenheit, selbst nach ausgedehnten, neuern Untersuchungen noch nicht als ins Reine gebracht angesehen werden darf. Bis in die Neuzeit hinein zieht sich in der physiologischen Literatur über die Stellung dieses Nerven zur Herzbewegung ein verwirrendes Heer der verschiedensten Ansichten *). Da ich selbst über diesen Punkt keine sehr ausgedehnte, eigne Erfahrung habe, so mag hier die Darstellung für den Leser wesentlich den Character einer literarischen Orientirung annehmen. Aeltere Beobachter, wie Fowler, Pfaff, Humboldt u. A., an deren Reizmethoden jedoch die Physiologen der Gegenwart nach den ihnen durch den Fortschritt der Wissenschaft gewordenen Belehrungen Manches auszusetzen finden, sprechen nur von einer *Beschleunigung* des Herzschlags, welche durch Reizung des Halssympathicus zu erhalten sei. Dieselbe Thatsache wird von Forschern früherer und späterer Decennien unseres Jahrhunderts, wie Burdach, Valentin, Moleschott, v. Bezold etc. berichtet. Wir bemerken dabei, dass hiermit nicht gesagt werden soll, dass darin die gesammte Ansicht eines Jeden der citirten Forscher über den fraglichen Gegenstand enthalten sein soll, sondern

*) Wer es liebt, bezüglich des Historischen ins Einzelne einzugehen, benutze: v. Bezold: Untersuchungen über die Innervation des Herzens. Leipzig 1863.

dass diese Anziehungen hier nur geschehen, um zu zeigen, wie in alten und neuen Zeiten stets die vorhin gemachte Angabe wiederkehrt. Daneben erscheinen jedoch auch Zeugnisse, denen zufolge die Sympathicusreizung den entgegengesetzten Erfolg, Verlangsamung des Herzschlags, gehabt haben soll. R. Wagner, Moleschott und v. Bezold geben an, solche Beobachtungen unzweideutig gemacht zu haben. Hierzu fügen sich drittens Berichte, welche jedweden Einfluss des Sympathicus auf die Herzbewegung negiren. Solche liegen von den Gebrüdern Weber, Volkmann, Budge, Ludwig, Heidenhain und Weissmann vor. Der Umstand, dass bisweilen ein und derselbe Forscher verschiedene Erfolge der Sympathicusreizung beobachtet zu haben behauptet, zeigt, dass die Zahl der Meinungen über die Beziehungen des Halssympathicus zum Herzen grösser sein kann, als man es nach den eben gemachten Mittheilungen erwarten möchte. Dies ist auch in der That der Fall. Neben den drei Ansichten, dass der gereizte Halssympathicus *nur* Beschleunigung, oder *nur* Verlangsamung, oder gar *keine* Aenderung des Herzschlages bewirke, sind vorzugsweise noch zwei andere aufgetreten, von denen die eine behauptet, dass der Effect der genannten Reizung, je nach der angewendeten electrischen Strom*stärke,* bald Beschleunigung, bald Verlangsamung des Herzschlags sei, die andere dagegen zwar bei einem und demselben Thiere verschiedene Erfolge der gedachten Reizung zulässt, dieselben aber nicht auf den *Grad* der Reizung des Sympathicus, sondern auf andere Umstände bezieht. Wir wollen beide Anschauungen etwas näher ansehen. Der Urheber der ersten ist Moleschott *). Er behauptet, dass sich der Sympathicus gerade so, wie der Vagus, dem Herzen gegenüber verhalte; d. h. schwache Ströme, welche denselben treffen, sollen eine Pulsbeschleunigung, stärkere eine Pulsverlangsamung erzeugen. Einer weiteren Besprechung ist diese Behauptung nicht fähig, wenn man nicht etwa die Bemerkung machen will, dass zur Zeit mit Sicherheit kein Muskelnerv bekannt ist, dessen Functionen je nach der Stärke des electrischen Reizes entgegengesetzter Art wären, und dass demgemäss Moleschott's Ansicht nicht einmal die Wahrscheinlichkeit für sich habe. Ihr thatsächlicher Inhalt ist bis jetzt nicht bestätigt worden. Die Sache muss desshalb bis auf Weiteres auf sich beruhen. Die zweite noch mitzutheilende Gesammtanschauung über den Einfluss des gereizten Halssympathicus gehört v. Bezold an; folgende Sätze **)

---

*) Moleschott und Nauwerk: Untersuchungen über den Einfluss der Sympathicusreizung auf die Häufigkeit des Herzschlags, in: Moleschott's Untersuchungen etc. Bd. VIII. S. 36.

**) v. Bezold l. c. S. 135, 147, 148, 155.

machen ihren Hauptinhalt aus. Im Stamme des Halssympathicus beim Kaninchen verlaufen Nervenfasern, deren Erregung Beschleunigung des Herzschlags bewirkt; dieser Einfluss ist um so deutlicher, je kleiner die Pulsanzahl ohne Reizung des Sympathicus ist, um so weniger merkbar, je schneller der Puls schon vorher war. Falls deutliche Pulsbeschleunigung stattfindet, ist der Erfolg erst nach mehren Secunden der electrischen Einwirkung deutlich. Wenn der gereizte Sympathicus keine Vermehrung der Herzschläge erzeugt, so verstärkt er doch die Herzcontractionen, wie aus der erhöhten Blutspannung im Aortensysteme zu dieser Zeit hervorgeht. Bei zeitlicher Disharmonie zwischen den Zusammenziehungen der Vorhöfe und der Ventrikel kann der gereizte Sympathicus wieder den regelmässigen Typus der Herzactionen einleiten. In seltenen als Ausnahmen zu betrachtenden Fällen erhält man durch eine Sympathicusreizung Verlangsamung des Herzschlags. Für diese Erfahrung ist anzunehmen, dass dann einige hemmende Fasern, welche sonst im Vagus verlaufen, diesmal im Grenzstrang heruntersteigen. Diesen Ergebnissen gemäss wird von v. Bezold der Sympathicus als der directe *Antagonist* des Vagus angesehen; jedoch ist die hemmende Wirkung des erregten Vagus bedeutender, als die beschleunigende des Sympathicus *), daher dann auch die Wirkung des gereizten Sympathicus nur dann zu Tage tritt, wenn nicht gleichzeitig eine erhebliche Vagusreizung stattfindet. Ich will dem Factischen dieser Angaben nicht widersprechen; fühle mich aber veranlasst, die folgenden Bemerkungen anzufügen. Was die Erhöhung des Blutdrucks im Aortensysteme bei Reizung des Halstheils des Sympathicus anlangt, so ist sie kein Beweis für eine durch diesen erregten Nerven *direct* verstärkte Herzaction; wir werden alsbald sehen, dass diese Erscheinung durch einen veränderten Füllungszustand des Gefässsystems bedingt sein kann, an welchem das Herz primitiv gar keinen Antheil zu haben braucht, und im speciellen Falle höchst wahrscheinlich wirklich dadurch erzeugt wird. Ferner erläutern sich die Fälle, bei denen eine Reizung des peripherischen Stumpfes des durchschnittenen Halssympathicus *Verlangsamung* des Herzschlags erzeugt, auf folgende Weise besser, als durch die v. Bezold gemachte Annahme. Wir haben nämlich oben S. 195 erzählt, wie eine Reizung des Sympathicus in der Bauchhöhle auf reflectorischem Wege Verlangsamung resp. Stillstand des Herzens erzeugt. Diejenigen Zweige des Sympathicus, welche diese Wirkung vermitteln, liegen in den Verbindungen des Grenzstranges mit den Rückenmarksnerven. Hieraus folgt, dass bei jeder einigermassen kräftigen Reizung des Halssympathicus durch secundäre

*) v. Bezold l. c. S. 159.

Wirkungen jene vom Sympathicus in das Rückenmark eintretende Fasern erregt werden können, und dass in Folge davon Verlangsamung des Pulses eintreten kann. Diese Annahme erklärt auch theilweise das sich scheinbar widersprechende von Moleschott erhaltene Ergebniss, dass *stärkere*, den Sympathicus treffende Reize *Verlangsamung* der Pulsschläge erzeugen, während *schwächere* den *entgegengesetzten* Erfolg haben. Die hier gemachte Unterstellung lässt sich auf ihren Werth prüfen. Bei erneuten Reizversuchen am Halstheil des Sympathicus wird man vorher alle Verbindungen desselben mit den Rückenmarksnerven, bis nach der Bauchhöhle hinunter, vorher zu lösen haben. Höchst wahrscheinlich wird dann der factische Bestand über diese Angelegenheit weit einfacher als bisher ausfallen.

Auch von anderen, als den am Halse gelegenen Theilen des Sympathicus, will man auf die Herzbewegung direct gewirkt haben. Bisher aber ist eine darauf bezügliche, gründliche Untersuchung nicht vorgenommen worden. Ich will nur erwähnen, dass Henle *) durch Reizung des ersten Brustganglions beim Menschen und Bernard **) durch eine solche desselben Theils beim Hunde den Herzschlag beschleunigt haben wollen. Es ist mir aber keine weitere Verfolgung dieses Gegenstandes von anderer Seite her und namentlich auch keine weitere Analyse dieser Angaben bekannt geworden, welche es sich zum Zweck gesetzt hätte, festzustellen, ob jene Beobachter es mit directen oder secundären Wirkungen zu thun hatten.

Wir kommen drittens zu der Frage, ob die Bewegungen des Herzens auch vom *Rückenmark* abhängen? Man kann diese Frage mit Ja beantworten; es handelt sich nur darum, den Sinn festzusetzen, in welchem dies zu nehmen ist. Die Einflüsse, welche der eben erwähnte Nerventheil auf die Herzbewegung ausübt, sind in neuerer Zeit von v. Bezold ***) ausführlich studirt worden. Früher hatten schon Wilson Philipp und Magendie Vermehrung des Herzschlags und Erhöhung des Blutdrucks in der Carotis bei Reizung des Rückenmarks und der vorderen Wurzeln seiner Nerven beobachtet. Ihre Versuche aber waren nicht stets von Einwürfen frei, indem dabei die Wirkungen des Vagus und Halssympathicus entweder gar nicht, oder nur sehr unvollkommen, eliminirt waren. Bei Kaninchen, welche v. Bezold mit kleinen Dosen von Curara vergiftet hatte, durchschnitt er die Nn. vagi und sympathici am Halse und beobachtete dann die Anzahl der Herzschläge und den Blutdruck in der

---

*) Henle in seiner Zeitschrift. Neue Folge. Bd. II. S. 300.

**) Bernard: Leçons de physiologie experimentale. tome II. p. 436.

***) v. Bezold: Untersuchungen über die Innervation des Herzens.

Carotis vor und nach Durchschneidung des Halsmarks, welche er an verschiedenen Stellen, bis zum 5. Halswirbel, ausführte, und während der Reizung des unteren Rückenmarksstumpfes. Die Vergiftung mit Curara wurde desshalb vorgenommen, um die Körpermuskeln zu lähmen, damit bei den nachfolgenden Erregungen des Rückenmarks durch den zu gewärtigenden Tetanus der Athem- und Körpermuskeln keine Störungen im Kreislauf und in der Herzaction auf indirectem Wege eintreten sollten. Die Durchschneidung des Vagus und Halssympathicus wurde noch ausgeführt, weil es eine Erfahrung ist, dass Vergiftungen mit kleineren Dosen von Curara, welche die Körpermuskeln bereits lähmen, den Vagus noch intact lassen, indem eine zu dieser Zeit ausgeführte electrische Erregung des Vagus, wie gewöhnlich, Herzstillstand erzeugt, während viel stärkere Gaben dazu gehören, auch diesen Nerven vollständig zu lähmen. Unter diesen Umständen nun beobachtete v. Bezold, dass nach der Trennung des Rückenmarks die Herzschläge schwächer und seltener wurden, dass damit zugleich der Blutdruck in der Carotis abnahm und dass sich die grösseren Venen strotzend mit Blut füllten. Reizte er dann den abwärts vom Schnitt gelegenen Theil des Rückenmarks, so begann das Herz wieder rascher zu schlagen und der Blutdruck hob sich. Diese Erfahrungen deutete v. Bezold dahin, dass er annahm, das Herz erhalte vom Rückenmark Nerven, deren Erregung den Herzschlag beschleunige. Bei der Theilung des Halsmarks, so meinte er ferner, würde diesen Nerven von höher gelegenen Stellen des Cerebrospinalsystems keine Anregung mehr zu Theil und darum Abnahme der Zahl der Herzschläge, bei künstlicher Reizung des unterhalb des Schnittes liegendes Theils des Rückenmarks fände wieder Erregung und somit auch Vermehrung der Pulsanzahl statt. Indess weisen die folgenden Erfahrungen *) auf einen anderen Grund dieser Erscheinung hin. Erzeugt man nämlich einen vorübergehenden Verschluss der Aorta und entleert man zugleich durch einen einmaligen Druck die Vena cava gegen das Herz hin, so treten die vorher beschriebenen Erscheinungen, Beschleunigung des Herzschlags und Erhöhung des Blutdrucks, gleichfalls ein. Man kann sich desshalb, in Erinnerung daran, dass Beobachtungen vorliegen, welche beweisen, dass durch die Erregung von Rückenmarksnerven die Lumina feiner Arterien verengt werden können, vorstellen, dass die Reizung des Rückenmarks mittelst Erregung der zu den kleinern Arterien gehenden Nerven einen Verschluss, oder mindestens sehr grossen Widerstand, in dem Ende der arteriellen Blutbahn

---

*) Ludwig und Thiry: Ueber den Einfluss des Halsmarks auf den Blutstrom. Sitzungsberichte der Wiener Academie. Bd. XLIX. 1864.

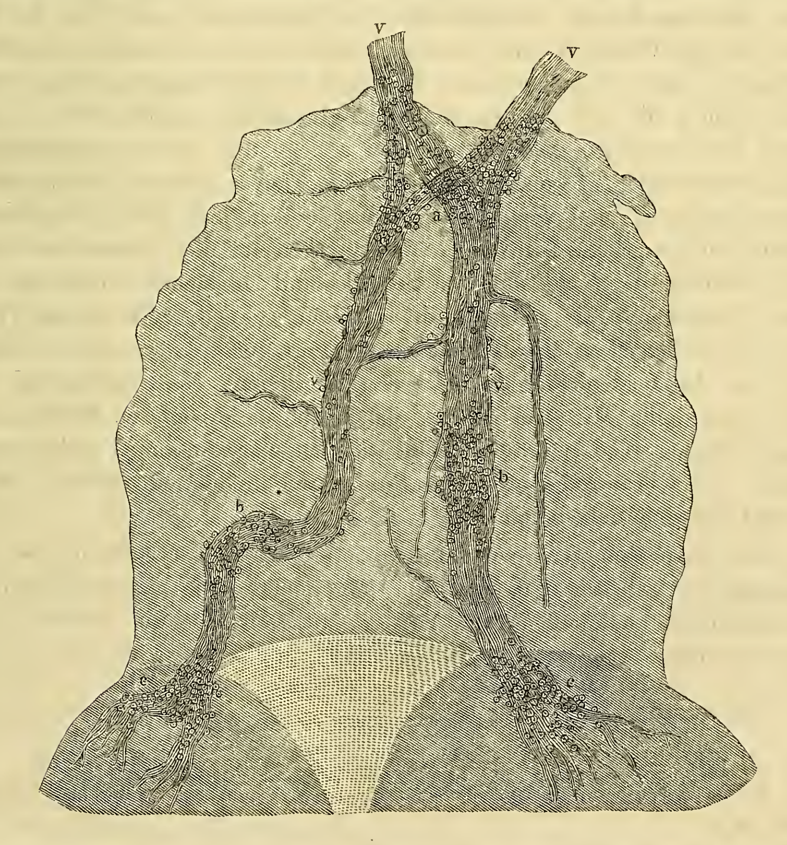
erzeuge, so dass das Herz sich nicht ergiebig genug entleeren kann und das in ihm sich anstauende Blut zur Vermehrung des Herzschlags reizt. Ist diese Vorstellung richtig, dann muss die Reizung des Halsmarks, wie vorher, auch dann noch von demselben Erfolg begleitet sein, wenn man vorher alle zum Herzen gehenden Nerven sorgfältig zerstört. Dies ist nach Ludwig und Thiry, welche v. Bezold's Versuche in dieser Form wiederholt haben, wirklich der Fall. Der Einfluss des Rückenmarks auf die Herzbewegung ist also ein *indirecter,* mittelst einer Gefässverengerung erzeugter. Diese Erfahrungen fordern von einer anderen Seite her dazu auf, bei der Untersuchung des Einflusses des Halssympathicus auf die Herzbewegung die beobachteten Thatsachen sehr sorgfältig und allseitig zu zergliedern. Es könnte leicht sein, dass bei einer Reizung des Halssympathicus die die Gefässe verengernden Rückenmarksfasern secundär gereizt würden und dass somit die vielfach beobachtete, vorher beschriebene Vermehrung des Herzschlags bei Reizung des Halssympathicus ebenfalls keine directe wäre. So könnte sich möglicherweise noch die Ansicht Derer bestätigen, welche gar keinen directen Einfluss des Halsympathicus auf die Herzbewegung annehmen.

Endlich muss noch von der Wirkung der im Herzen selbst liegenden nervösen Theile, *seinen Ganglien*, gesprochen werden. Dieser Theil der Nervenphysiologie des Herzens ist zwar vielfach bearbeitet worden, aber das volle Verständniss der hierher gehörigen Erscheinungen ist noch nicht erreicht. Was den Schlüssen aus den Erscheinungen von vorn herein eine gewisse Unsicherheit aufdrückt, ist der Umstand, dass es Herzformen giebt, die in ihrem Innern kein in besonderen Gebilden auftretendes, nervöses Erregungssystem besitzen und dennoch in abgemessenem Rhythmus schlagen. Hieher gehört vielleicht das Herz der Wirbelthiere in seinem embryonalen Zustande und wahrscheinlich das Herz vieler wirbelloser Thiere. Das des Flusskrebses *) ist anhaltend auf diesen Punkt erfolglos untersucht worden und doch zeigt es, zufolge besonders darauf gerichteter Versuche, aus dem Körper herausgeschnitten und zweckmässig aufbewahrt, noch eine geraume Zeit Pulsationen **). Ich selbst habe solche am herausgeschnittenen Herzen des Hummer beobachtet, ohne Ganglien gefunden zu haben. Daher, sage ich, ist man nicht vollends sicher, wenn man alle Eigenthümlichkeiten der Bewegungen des Herzens der Wirbelthiere, welches im ausgebildeten Zustand in

*) Brandt: Physiologische Beobachtungen am Herzen des Flusskrebses. Mélanges Biologiques tirés du Bulletin de l'academie de St. Pétersbourg. 20. April (1. Mai) 1865.

**) Brandt: l. c. S. 128.

seinem Innern Ganglienzellen zeigt, auf diese ausschiesslich bezieht, abgesehen natürlich von denen, welche durch die bisher erwähnten Theile des Nervensystems bedingt sind. Gehen wir nun zur Darstellung der Nervenanatomie des letzteren und der Erscheinungen über, die man bisher auf dasselbe bezogen. Bis jetzt ist nur das Froschherz allein nach diesen Richtungen hin durchgearbeitet worden. Für das Herz der Säugethiere und des Menschen sind sowohl die anatomischen als physiologischen Verhältnisse nur mangelhaft studirt. Die *Nervenanatomie* des ersten ist am vollständigsten in zwei Arbeiten von Bidder *) enthalten; ihnen ist bisher nichts Wesentliches zugefügt worden. Unter Bezugnahme auf die beistehende Abbildung, welche die Vorhofsscheidewand ausgeschnitten und flach ausgebreitet bei mässiger Vergrösserung darstellt, gebe ich, jenen Untersuchungen folgend, vorerst eine Beschreibung des Herznervensystems des Frosches. Die Herzäste v v der beiden Vagi laufen



*) Müller's Archiv 1852. S. 63 und 1866. S. 1.

anfangs den oberen Hohlvenen entlang, treten hierauf in der Nähe der Lungenvenen in die Herzsubstanz ein und bilden da, wo die Scheidewand gegen den Hohlvenensinus hin festsitzt, einen mit zahlreichen Ganglien durchsetzten Nervenplexus a, innerhalb dessen ein Faseraustausch der beiden Vagi geschieht. Jenseits dieser Stelle verlaufen dann die Vagusfasern in zwei von einander getrennten Bahnen v v im Septum weiter. Während dieses Verlaufes belegen sie sich an fast allen Stellen mit Ganglienzellen. Diese treten, bevor die Vagusfasern den Ventrikel erreichen, in der Nähe des Endes der Scheidewand noch einmal, besonders reichlich an den mit b b bezeichneten Stellen, auf. Am Ventrikel sitzt das Septum mittelst zweier Wülste fest, welche man schon bei Besichtigung mit dem blossen Auge als zwei weissliche Knötchen gewahrt. In ihnen sind die beiden Vaguszüge noch ein- und zwar zum letzten Male mit zwei reichlichen Ganglienhaufen c c belegt. Ueber diese Ganglien hinaus verschwinden die Vagusfasern sehr bald in der Substanz der Ventrikel; sie lassen sich nicht mehr auf namhafte Strecken verfolgen; auch begegnet man fernerhin keinen Ganglienzellen mehr. Diese von a bis incl. b liegenden Ganglienzellen werden wir in der Folge als *Vorhofsganglien* von den bei c liegenden *Atrioventriculargang-lien* unterscheiden. Von den beiden Vagi, bevor sie zum Plexus bei a zusammentreten, und von diesem selbst gehen hier nicht gezeichnete, kleine, mit Ganglienzellen versehene Aestchen auf den Venensinus über, und, während die Vagi auf der Scheidewand hinziehen, sieht man sie kleine Aestchen in die Substanz der Vorhöfe senden. Zu diesen Thatsachen habe ich *) noch das Factum gefügt, dass, während die Vagi noch an den beiden oberen Hohlvenen hinziehen, Nervenzellen an sie angelagert sind. Mir kam es vor, als ob sie an besonderen Fädchen des Vagus lägen. Bidder meint, dass sie den Vagusstämmen selbst angehören. Wir brauchen auf diesen Punkt nicht näher einzugehen, da er an und für sich unbedeutend ist.

Die Erscheinungen, welche man mit diesen Nerventheilen in Zusammenhang gebracht hat, sind die folgenden. Die hierher gehörigen Beobachtungen nehmen ihren Anfang mit den fast zu gleicher Zeit unternommenen Arbeiten von Stannius **) und Rosenberg ***); sie

*) Meine Beiträge. Bd. I. S. 149.

**) Stannius: Zwei Reihen physiologischer Versuche. Müller's Archiv. 1852. S. 35.

***) Rosenberg: de centris motuum cordis disquisitiones anatomico-physiologicae. Dorpati 1850.

sind später von mir *), Heidenhain **) und Nawrocki ***) fortgesetzt worden. Ich beabsichtige auch hier zunächst eine Zusammenstellung des Thatsächlichen.

Wenn man zwischen Venensinus und Ventrikel quer um die Vorhöfe herum eine Ligatur legt, oder an dieser Stelle das Herz durch einen Schnitt theilt, so pulsirt das aus dem Venensinus und einem Theil der Vorhöfe bestehende Stück weiter, während das aus dem Ventrikel und dem Reste der Vorhöfe zusammengesetzte in Diastole alsbald zur Ruhe kommt. Ich habe den Schnitt immer der Ligatur vorgezogen, weil nach Ausführung des ersteren auf die Dauer kein wesentlicher Reiz mehr für die von einander getrennten Herztheile besteht, was bei der Anwendung der Ligatur nicht so ohne Weiteres angenommen werden darf. Die in Erschlaffung verharrenden Theile führen auf jeden, selbst den geringfügigsten, Reiz eine einmalige Pulsation aus, verhalten sich also genau so, wie ein durch Vagusreizung oder Temperaturerhöhung, s. S. 200, zum Stillstand gebrachtes, ganzes Herz. Auch hier pulsirt, wie dort, der unmittelbar gereizte Herztheil zuerst und der andere folgt nach; man hat es ganz in seiner Gewalt, den Ventrikel oder die Vorhofsreste zuerst pulsiren zu lassen. Der auf die angegebene Weise durch Quertheilung des Herzens erzeugte Stillstand des Ventrikels und der anhängenden Vorhofstheile ist von verschiedener Dauer; es giebt Fälle, bei denen er nur wenige Minuten anhält, andere, in denen er eine halbe bis eine ganze Stunde dauert, und endlich noch andere, in denen das Herz *nie* wieder zu Pulsationen erwacht. Es handelt sich darum, den Umständen näher nachzugehen, welche diese verschiedenen Erfolge bedingen. Die Erfahrung lehrt, dass der Stillstand um so länger dauert, eine je grössere Menge der Vorhofsganglien ausser Wirksamkeit gesetzt wird; d. h. also, je näher der Atrioventriculargrenze der Schnitt angelegt wird, und je sorgfältiger man die ruhenden Herztheile vor äusseren Reizen schützt. Dabei ist jedoch die nächste Nähe der Atrioventriculargrenze und diese selbst ängstlich zu vermeiden, denn ein Schnitt in dieselbe oder in allzugrosser Nähe und zwar der Art, dass dabei die Atrioventricularganglien eine mechanische Reizung erfahren, ruft längere Zeit andauernde Pulsationen des Ventrikels hervor. Man kann sich davon am besten auf die Weise überzeugen, dass man sich vorerst durch einen etwas fern von der Atrioventriculargrenze angelegten Schnitt Diastole des Ventrikels

---

*) Meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Bd. I. S. 145. Bd. II. S. 123. Bd. III. S. 125.

**) Müller's Archiv. 1858. S. 479.

***) Nawrocki in Heidenhain's Studien des physiologischen Instituts in Breslau. S. 111.

erzeugt und hierauf einen der Wülste zerdrückt, in denen die Atrioventriculärganglien liegen; sofort wird man den Ventrikel eine ganze Reihe von Pulsationen machen sehen, die unter Umständen eine halbe Stunde andauern können. Da die erschlafften Herztheile auf verhältnissmässig sehr geringfügige Reize, wie z. B. schwache Eindrücke mit einer Nadelspitze, schon in Pulsation verfallen, so ist es nicht ganz leicht, dieselben vor solchen zu bewahren. Es wird die Annahme nicht von der Hand zu weisen sein, dass in diesen Theilen einzelne Contractionen entstehen können in Folge von Ursachen, welche sich dem Beobachter nicht sofort präsentiren; Säurebildung während des Absterbens, Zerrungen durch Entstehung von Blutgerinseln etc. können hierher gezählt werden. Man wird desshalb auch in der Beurtheilung der Ursachen einzelner Pulsationen, welche die abgetrennten, in Ruhe verharrenden Herztheile zeigen, vorsichtig sein müssen. Diese auf Reize entstehenden Bewegungen sind in derselben Weise auslösbar, gleichgiltig, ob an dem Ventrikel die Atrioventriculärganglien noch vorhanden, oder ausgeschnitten sind. Bis jetzt sind weitere Ganglien im Herzen nicht entdeckt worden, so dass wir also hier auf Reize entstehenden Pulsationen ganglienloser Herztheile begegnen. Man kann sogar zweifelhaft sein, ob überhaupt *Nerven* in solchen Ventrikeltheilen vorhanden sind. Als letzte Erscheinung muss noch die erwähnt werden, dass Ventrikel, sei es, dass sie ihrer Atrioventriculärganglien beraubt sind, oder nicht, im Kreise constanter Ketten eine Reihe von Pulsationen ausführen. Ich schliesse, um die wesentlichen Thatsachen über die Herzbewegungen zusammen zu haben, hier noch einige Beobachtungen über die Bewegungen des embryonalen Herzens nach eigenen Erfahrungen an. Was die anatomische Structur der embryonalen Herzen anlangt, so hat man bisher allgemein angenommen, dass dieselben aus Zellen bestünden, denen man Contractilität zuschrieb. Ich habe bei meinen Prüfungen nicht finden können, dass diese Annahme richtig sei. Auf keine Weise gelang es mir, selbstständige Zellen darzustellen. Ich finde in den ersten, sich bereits selbstständig bewegenden Herzanlagen von Hühnerembryonen eine grosse Anzahl bläschenförmiger Kerne, welche in einer starkkörnigen protoplasmaartigen Zwischensubstanz liegen. Die letztere führt die Contractionen aus, die Kerne werden als träge, ihre Form nicht ändernde Massen nur passiv verschoben. Diese contractile Substanz verwandelt sich nach und nach in Muskelfasern, wobei, wie es scheint, die Ränder der Kerne als Ausgangspunkte dienen *). Nervenfasern sind auf diesem

*) Ich werde diese Verhältnisse, sowie einige auf die Bewegungen des embryonalen Herzens bezügliche Untersuchungen demnächst in einer besonderen Abhandlung ausführlicher publiciren.

Stadium der Entwickelung nicht zu erkennen; man darf aber nicht daraus schliessen, dass solche nicht vorhanden seien. Ebensogut als die aller quergestreiften Fasern baare, formlose, contractile Substanz die Phänomene der Contraction in einer Bestimmtheit zeigt, wie die quergestreifte Faser sie überhaupt nur zeigen kann, wäre es auch möglich, dass die erstere ihre Anregung zur Bewegung von einer Nervensubstanz erhielte, welche noch nicht in der bestimmt ausgeprägten Form der Nervenzellen auftritt. Das Experimentiren an den frühen Herzformen ist mit vielen Schwierigkeiten verbunden; doch besitze ich einige befriedigende Beobachtungen an den Herzen von drei Tage alten Embryonen. Bei solchen, die 8—10 Tage alt sind, lässt sich die folgende Beobachtung machen, welche in vieler Beziehung an eine analoge, beim Froschherzen gemachte, erinnert. Durchschneidet man nämlich das Herz innerhalb eines warmen Raumes zu einer Zeit, wo es seine Pulsationen noch nicht eingebüsst hat, zwischen den Vorhöfen und Ventrikeln, so stehen die letzteren still, während die ersteren noch fortschlagen. Es ist dabei selbstverständlich, dass die Temperatur nicht so tief gesunken sei, dass dabei die Vorhöfe überhaupt nicht mehr fortschlagen können. Ich wähle gewöhnlich zu diesen Versuchen 30—34° C. Die Ventrikel aber kann man wieder zu selbstständigen Pulsationen veranlassen, sobald man sie bis zu 41—42° C. erwärmt. Verbringung derselben in eine Temperatur von c. 30° oder darunter hat wieder Ruhe zur Folge. Und so kann man durch Abwechselung mit den Temperaturen die Kammern bald in Ruhe, bald in Bewegung versetzen. Die Vorhöfe schlagen in den höhern Temperaturen für gewisse Zeiten schneller; bei niederen, als der Brutwärme, pflegen sie gleichfalls bald still zu stehen, aber ihre Bewegungen lassen sich schon bei viel geringern Temperaturen anfachen, als es für die durch Quertheilung des Herzens in Ruhe gesetzten Kammern der Fall ist. Ich habe diese Beobachtungen sogar an Embryonen von 3 Tagen gemacht. Indem wir uns vorerst jeder weitern Betrachtung über die Ursachen dieses Verhaltens enthalten, heben wir noch einmal das Resultat dieser Beobachtungen hervor, dass hier für das embryonale Herz die Quertheilung auch Ventrikelstillstand zur Folge hat, während die Vorhöfe unter dem Einfluss der normalen Brutwärme ihre Bewegung noch je nach Umständen längere oder kürzere Zeit fortsetzen. Hiermit schliessen sich die hauptsächlichsten Facta über die Herzbewegung, insofern diese mit dem Nervenleben zusammenhängt, oder damit zusammenhängend gedacht wird, ab; einige andere werden noch bei den theoretischen Betrachtungen mitgetheilt werden, zu denen wir nun übergehen. Zunächst wird die Frage zu erheben sein, welches die Ursache der Herzbewegung ist. Die Antwort auf dieselbe wird von verschiedenen Physiologen in von einander

abweichenden Arten gegeben. Wir wollen versuchen, die verschiedenen Nuançen hervortreten zu lassen. Eine erste Hypothese, deren Hauptvertreter Schiff ist, und welche in ihren Grundzügen auch von Moleschott und Budge angenommen wird, nimmt für die Anregung zur Herzbewegung eine doppelte Quelle an: das *verlängerte Mark* und die *anatomischen Verhätnisse des Herzens.* Beide erregen den Nervus vagus und zwar werden ihre Bedeutungen specieller auf folgende Art erläutert. Die Herznerven werden normal an zwei verschiedenen Punkten erregt, nämlich: zunächst innerhalb der Herzsubstanz, also gegen ihr Ende hin, und sodann im verlängerten Mark, d. h. in ihrem Ursprung. Die Reizung derselben an einer oder beiden Stellen bedingt die geringere oder grössere Schnelligkeit des Herzschlags. Die letztere Erregung ist als solche verständlich, da uns die alltägliche Erfahrung belehrt, wie Centralorgane ihre Nerven innerviren *), die erstere dagegen ist bei den Ausdrücken, welche bisher angewandt wurden, um sie begreiflich zu machen, nicht durchsichtig genug; denn es muss ausdrücklich hervorgehoben werden, dass die in Rede stehende Theorie eine etwaige Innervation der Herznerven durch die im Herzen vorhandenen Ganglienzellen nicht annimmt. Von den im Herzen geschehenen Erregungen der Vagusenden wird die normale Herzbewegung in folgender Weise abhängig gedacht. Das Blut erregt die Nervenenden in dem Vorhofe, die Folge davon ist Zusammenziehung dieses Herztheils. Beim Einströmen des Blutes in die Kammer ereignet sich hier dasselbe, während die Vorhofsnerven in Folge ihrer Erregung in einen Zustand der *Erschöpfung* verfallen, aus welchem sie sich erst während der Diastole des Vorhofs wieder erholen, um bei einer Anregung durch das Blut eine neue Contraction einzuleiten etc. Ich nenne diese Vorstellung, welche sich von einer früher von Haller gegebenen, aber aus mancherlei Gründen verlassenen nur dadurch unterscheidet, dass sie die Reize auf die Nervenenden wirken lässt, während Haller sich mit der irritabeln Muskelsubstanz begnügte, nicht durchsichtig genug, weil sie von mancherlei Eigenthümlichkeiten, welche bei der Herzbewegung vorkommen, keine genügende Rechenschaft giebt **). Es hat zwar Schiff den Versuch gemacht, eine Anzahl von Bedenken zu heben, welche sich dieser Theorie entgegenstellen,

---

*) Hier an Ort und Stelle verfolgen wir im Augenblick nicht weiter, wie sich Schiff das Verhältniss des erregten Vagus zum Herzen denkt; wir nehmen hernach diesen Punkt besonders vor.

**) Man findet das Nähere dieser Theorie in einem Artikel von Schiff: Ueber den *Modus der Herzbewegung.* Archiv für physiologische Heilkunde, herausg. von Vierordt. IX. Jahrg. S. 22. ff. und 220 ff.

aber, wie es mir scheint, sind die angezogenen Beweise nicht solid genug; denn sie befriedigen nur scheinbar *). Ich will dem Leser die wichtigsten Momente, welche mir der Annahme dieser Lehre im Wege zu stehen scheinen, vorführen und es seinem eignen Nachdenken überlassen, inwieweit er sich durch Schiff's Erörterungen, welche am angezogenen Orte und an manchen anderen Stellen **) seiner Schriften zu finden sind, für diese Lehre gewinnen lassen kann. Auf folgende Punkte möchte ich die Aufmerksamkeit lenken: a) In Bezug auf die physischen Eigenschaften der Vagusenden werden Voraussetzungen gemacht, welche nur aus der Anhänglichkeit an die zu beweisende Theorie zu rechtfertigen sind und kein Analogon im ganzen Gebiete des Nervenlebens haben. Ich meine damit den Umstand, dass das normale Blut hier als Reizmittel für motorische Nerven gelten muss, und da es sonst dies niemals ist, eine so überaus grosse Erregbarkeit für die Vagusenden angenommen wird, wie sie von keinem motorischen Nerven gekannt ist. Nicht minder anstössig ist die gleichfalls hier vorausgesetzte so grosse Erschöpfbarkeit dieses Nerven, dass derelbe, nur einmal in so geringem Grade angeregt, dass eine einzige Muskelzusammenziehung folgt, sofort bis zur Unthätigkeit erschöpft sei. Man würde sich befriedigen können, wenn sich diese leichte Erregbarkeit und die ebenso grosse Erschöpfbarkeit des Nerven direct beweisen liessen; dann würde man beide Eigenschaften als die Vagusenden von allen anderen motorischen Nerven unterscheidende hinnehmen. Wie aber die Sachen hier stehen, wo einer Theorie zu Liebe Merkmale vorausgesetzt werden, die ihres Gleichen nicht haben, muss es uns eine wissenschaftliche Pflicht sein, diese Voraussetzungen mit Misstrauen zu betrachten und jeden weitern, zur Negirung dieser Lehre vorgebrachten Grund nachdrücklich auf uns wirken zu lassen. Ueberdies fehlt es jenen, den Vagusenden zugeschriebenen Eigenschaften um so mehr an überzeugender Kraft, als Alles das, was sonst über die Physik dieses Nerven bekannt ist, durchweg dafür spricht, dass seine Molekularstructur und die davon abhängige Erregbarkeit keine Besonderheiten zeigen. b) Gewisse Erscheinungen der Herzbewegung sind aus dieser Theorie nicht begreiflich. Es ist bekannt, dass das aus dem Körper herausgeschnittene Froschherz bei der Quertheilung durch die Vorhöfe in zwei Abtheilungen zerfällt, von denen die eine fortpulsirt, die andere stillsteht. Zweierlei hält mir schwer einzusehen. Zuerst

---

*) Die frühere Haller'sche Ansicht ist treffend von Volkmann: Die Haemodynamik nach Versuchen. S. 369 ff. widerlegt worden. Auch für die Beurtheilung der gegenwärtigen Theorie ist diese Arbeit wichtig.

**) z. B. Jenaische Annalen. II. Bd. S. 315.

begreife ich nicht die fortbestehenden, rhythmischen Pulsationen des den venösen Sinus enthaltenden Stückes. Nach wenigen Schlägen ist keine nachweisliche Menge von Blut mehr in dem Herzen, und dennoch gleichen die nachfolgenden Bewegungen bezüglich des Rhythmus und der Kräftigkeit noch für lange Zeit den ersten. Man kann sogar, falls man den Sinus und seine nächste Umgebung schont, die Blutreste auspinseln, ohne namhafte Veränderungen und Störungen in den Bewegungen anzurichten. Eben so unverständlich ist mir der verschiedene Erfolg, welchen ein Querschnitt durch das Herz je nach der Stelle hat, wo man denselben anlegt; durch die Mitte der Vorhöfe denselben geführt, beobachtet man *Stillstand* des Ventrikels, in der Atrioventricularfurche angebracht, sieht man den Ventrikel sich noch für längere Zeit *bewegen.* Wenn auf dem Wege von dem einen Punkt bis zum anderen die Ventrikelnerven ohne einen physiologischen Zusatz verlaufen, ist diese Erscheinung aus der Theorie, welche wir eben kritisiren, nicht verständlich. Andrerseits bleibt der Ventrikel mit den ihm zugehörigen Vorhofsresten in Ruhe. Diese Stücke enthalten doch auch Blut. Ich verstehe nicht, wesshalb hier dieses *nicht* als Reiz wirken soll. Diese letzteren Einwendungen mache ich jedoch nur mit dem Vorbehalt, dass die Theorie, die wir hier bekämpfen, wirklich das Blut als den Nervenreiz betrachtet. Zu dieser Bemerkung fühle ich mich desshalb gedrungen, weil ich bei ihren Urhebern den Ausdruck finde, dass der Typus der Herzbewegung in den merkwürdigen anatomischen Verhältnissen des Herzens selbst liege, und es möglich wäre, dass als Reiz der Herznerven noch ein anderes Moment genommen wird, welches in den bezüglichen Schriften nicht hinlänglich betont worden wäre. c) Um den Typus der Herzbewegung zu erklären, werden anatomische Anordnungen der Herznerven vorausgesetzt, welche durchaus nicht bewiesen sind. Die Nerven des Ventrikels ziehen durch den Vorhof. Man fragt sich also, wesshalb werden sie nicht mit dem Vorhofsnerven zu gleicher Zeit erregt und wesshalb zieht sich zuerst der Vorhof und der Ventrikel nachträglich zusammen? Um diese Frage zu beantworten, muss man annehmen, dass sich die Ventrikelnerven während ihres Verlaufes durch den Vorhof unter für die Reizung ungünstigern Verhältnissen als die Vorhofsnerven selbst befinden, also etwa in dickern Scheiden liegen, oder tiefer in die Muskelsubstanz eingebettet sind. Mit Sicherheit aber hat die Anatomie der Herznerven bisher der Art Nichts aufgedeckt. Im Gegentheil könnte die Unbefangenheit meinen, dass die auf der dünnen Scheidewand verlaufenden Nerven für den Reiz durch das Blut viel zugänglicher, oder doch mindestens eben so zugänglich sind, als die in der Muskelsubstanz der Vorhöfe selbst gelegenen Vorhofsnerven. Wir begnügen uns hier mit den angezogenen

Gründen, da wir der Meinung sind, dass für Denjenigen, an welchem diese Bedenken gewichtslos vorübergehen, überhaupt keine gehaltvolleren zu geben sind.

Damit erwächst nun für uns die Aufgabe, die wahren Ursachen der Herzbewegung in anderen Gebilden zu suchen. Dreierlei bleibt für die Prüfung übrig, nämlich: entweder die Ganglien in Betracht zu ziehen, deren Existenz im Herzen hinlänglich bewiesen ist und von denen überdies die Physiologie bei vielen physiologischen Vorgängen die Ueberzeugung von besonderen ihnen zukommenden Leistungen gewonnen hat, oder die Herzsubstanz als eine besondere Form contractiler Gebilde anzusehen und zu versuchen, ihre besonderen Eigenschaften zu studiren und daraus die Herzbewegung mit ihren Eigenthümlichkeiten abzuleiten, oder endlich drittens die Herzcontractionen als durch Ganglien vermittelt zu betrachten, welche einen Muskel beherrschen, der nicht in Form und Leistung einem gewöhnlichen Skeletmuskel zu vergleichen ist.

Aus den gegenwärtig bekannten Thatsachen scheint man folgern zu müssen, dass man es hier mit einer besonderen Art contractiler Masse zu thun habe, welche durch die Einflüsse von Ganglien beherrscht wird; denn nur unter dieser Annahme kann man sämmtliche Bewegungserscheinungen des Herzens verstehen. Im Herzen einen gewöhnlichen, quergestreiften Muskel zu sehen, welcher unter der Herrschaft von Ganglien steht, diese Vorstellung erläutert die folgenden Erfahrungen nicht. a) Es wurde bereits bei der Aufzählung der die Herzbewegung betreffenden Thatsachen erwähnt, dass Ventrikelstücke, in denen die microscopische Anatomie durchaus keine Ganglien nachzuweisen vermag, auf verhältnissmässig unbedeutende mechanische Reize nicht durch eine locale Zusammenziehung, sondern durch eine Pulsation antworten. Ich kann jetzt hier hinzufügen, dass dieselbe Beobachtung auch an ganglienlosen Stücken der Vorhöfe vom Schildkrötenherzen gemacht worden ist. Die Form der Zusammenziehung könnte allenfalls aus der anatomischen Anordnung der das Herz zusammensetzenden Fasern begriffen werden, aber dass hier die Contraction auf so wenig intensive Reize erfolgt, ist eine dem gewöhnlichen quergestreiften Muskel fremde Erscheinung. Man hat wohl versucht, zu sagen, dass diese Bewegungen sich unter der Wirkung von Ganglien auslössten, und dass, wenn auch diese zur Zeit noch nicht bekannt wären, sie sicher noch gefunden werden würden, um auf diese Weise der Herzmusculatur als solcher möglichst wenige, oder gar keine Besonderheiten zukommen zulassen. Ich kann diese Ansicht nicht zu der meinigen machen. Im Gebiete der Physiologie kann es bis jetzt nicht als ein allgemein bewiesener Grundsatz gelten, dass Bewegungen, welche nicht den einfachen Reizungsphänomenen gleichen, sondern den Character automatischer, oder,

wie im gegenwärtigen Falle, den reflectorischer Erscheinungen zeigen, nothwendig durch Ganglien erzeugt würden; denn die Flimmer- und Sarcodebewegung sprechen dagegen. Darum ist es auch zur Zeit nicht gerechtfertigt, die in Rede stehenden Herzbewegungen eigensinnig auf Ganglien zu beziehen, so lange die Existenz solcher nicht bewiesen ist. Das methodische Suchen nach Wahrheit darf sich nicht in einseitigen Voraussetzungen verrennen, sondern muss sich den Blick für verschiedene Möglichkeiten offen halten und den Ergebnissen der Forschung auf jeder Stufe der Erkenntniss gebührende Rechnung tragen. Von diesem Grundsatz aus verlangt auch das Nichtnachgewiesensein von Ganglien seine Beachtung. b) Ebenso unverständlich bleiben die mehrfachen Pulsationen, welche *ganglienlose* Ventrikelstücke im Kreise constanter Ströme zeigen, der *Wechsel* von Systole und Diastole unter dem Einflusse dieses Reizes ist nicht mit dem Verhalten der übrigen Formen quergestreifter Muskelfasern, gegenüber derselben Reizungsart, in Uebereinstimmung, wenn auch die Zusammenziehung überhaupt verständlich gemacht werden könnte. Aus diesen beiden Gründen erblicke ich bis auf Weiteres im Herzmuskel eine besondere Art contractiler Substanz, welche sich zur Zeit noch nicht hinlänglich scharf definiren lassen mag, welche aber ohne Zweifel durch das angezogene Verhalten ihre exceptionelle Stellung ankündigt. Aber es mögen der Herzmusculatur Eigenthümlichkeiten der verschiedensten Art zukommen, soviel steht ferner fest, dass wir sie uns unter dem Einflusse von Bildungen stehend zu denken haben, welche den Charakter nervöser Centralorgane tragen und als welche wir in Uebereinstimmung mit allgemeinen physiologischen Erkenntnissen gewisse Ganglien des Herzens zu betrachten haben. Es ist das Verdienst Volkmann's *), zuerst auf diesen Punkt aufmerksam gemacht zu haben; die spätern, oben mitgetheilten Wahrnehmungen über die Erfolge der Quertheilung des Herzens gaben dieser Lehre noch eine vollendetere Begründung. Versuchen wir nun in Kürze die Ueberlegungen durchzumachen, welche den Ganglien eine bedeutende Rolle bei der Herzbewegung sichern. Zunächst drängt die den Zwecken des Blutstromes entsprechende Bewegung des Herzens zur Annahme eines regulatorischen Apparates. Man könnte zwar sagen, dass der eigenthümliche Lauf des Blutes durch das Herz dessen zweckmässige Bewegung unmittelbar mit sich führe, dass also die Existenz eines die Herzbewegung regulirenden Apparates vollständig überflüssig sei; allein in dieser Vorstellung liegt wenig Befriedigung; denn sie erläutert nicht die Entstehung des *ersten* Herzschlags und hat ausserdem die Bedenken gegen

*) Volkmann's Haemodynamik S. 377 ff.

sich, welche auf S. 215 dagegen vorgebracht wurden, dass die Herzbewegung lediglich durch eine von Seiten des Blutes auf die Herznerven ausgeübte Reizung erzeugt werde. Also schon aus diesem Grunde empfiehlt sich die Annahme einer im Herzen liegenden, von seiner Muskelsubstanz getrennten, besonderen Einrichtung. Da nun weiter häufig erfahrungsgemäss rhythmisch geschehende Bewegungen, wie z. B. die Athembewegungen, an das Vorhandensein von Nerventheilen geknüpft sind, in denen wir Ganglienzellen als ein Hauptelement finden, und da die Anatomie des Herzens uns zahlreiche Ganglienzellen im Herzmuskel kennen gelehrt hat, so werden wir die Herzbewegungen, für welche wir eines regulirenden Mechanismus bedürfen, in manchen ihrer Eigenthümlichkeiten als durch die Herzganglien hergestellt ansehen dürfen. Durch Erinnerung an die oben mitgetheilten Thatsachen und eine weitere Besprechung derselben lässt sich diese Schlussfolgerung nun noch weiter begründen und zur Gewissheit erheben. Wir führen dies in folgender Weise aus. Die Quertheilung des Herzens durch die Mitte der Vorhöfe setzt bekanntlich das den Ventrikel enthaltende Stück zur Ruhe, während der mit dem Sinus verbundene Theil fortpulsirt. Diese Thatsache hat man in verschiedener Weise aufgefasst. Heidenhain nimmt als Ursache des Stillstandes die mechanische Reizung an, in welche die beiden Nn. vagi durch den Schnitt oder die Ligatur versetzt würden, und beruft sich dabei auf die Beobachtung, dass jener Stillstand nur vorübergehend sei; ich bin mit Bidder und Andern der Ansicht, dass man als Grund für jene Ruhe die Entfernung eines automatischen Erregungsorganes betrachten müsse, welches in nächster Nähe des Sinus liege und im Allgemeinen in den Vorhofsganglien bestehe. Ich läugne dabei nicht die Beobachtung Heidenhain's, dass sich die nach einer Quertheilung des Herzens in den erwähnten Theilen auftretende diastolische Ruhe lösen könne, aber eine vorurtheilsfreie Prüfung aller hierhergehörigen Erscheinungen hält mich doch ab, die Ansicht zu adoptiren, dass die *mechanische Vagusreizung* den Stillstand des Ventrikels mit seinen Vorhofsresten bedinge. Ich mache in dieser Beziehung auf folgende Umstände aufmerksam. Zuerst ist bekannt, dass auf den Vagus am Halse schon ziemlich heftige Reize wirken müssen, wenn Stillstand des Herzens erfolgen soll, so dass z. B. mittelst des Tetanomotors nicht allgemein und leicht ein solcher zu erhalten ist; es ist daher wenig befriedigend, anzunehmen, dass man durch einen einzelnen Schnitt, welcher die beiden Vagi fast nur momentan reizt, Stunden lange oder für immer andauernde Diastole soll erzeugen können. Man kann sagen, dass alle mechanischen Reize, wenn dieselben unmittelbar Centralorgane treffen, wirksamer sind, als wenn sie auf peripherische Nervenstämme angewendet

werden, und bei der Quertheilung des Herzens sei ersteres der Fall. Aber Differenzen, wie sie hier vorkommen, wo also eine einfache Durchschneidung des Vagus so gut wie gar keinen Einfluss auf die Herzbewegung ausübt, dagegen die Abtrennung des Sinus mit einem Theil der Vorhöfe langen, selbst ewigen Stillstand erzeugt, sind doch zu auffallend, als dass man den oben gemachten Einwand für besonders gewichtig halten sollte. Hierzu kommt, dass, wenn man die quere Theilung des Herzens in der Atrioventricularfurche oder dem *ersten* grossen Ganglienhaufen ausführt, in welchem die beiden Herzäste der Vagi zusammentreffen, kein Stillstand erzeugt wird, trotz dem, dass sich die erwähnten Nerven hier in denselben Beziehungen zu Ganglien finden, wie an den anderen Stellen ihres Verlaufs durch die Vorhöfe. Endlich ist auch das Wiederauftreten von Pulsationen am abgetrennten Ventrikel durchaus keine constant wiederkehrende Erscheinung und wird um so seltener beobachtet, je vollständiger der erste, grosse Ganglienhaufen des Herzens entfernt ist, je sorgsamer durch den Schnitt Zerrungen der beiden Atrioventricularganglien vermieden werden, und je sorgfältiger man die abgetrennten Theile vor äusseren Reizen schützt. Den letzteren dieser Umstände betone ich desshalb, um daran die Bemerkung zu knüpfen, dass, wenn ich den in der Nähe des Sinus liegenden grossen Ganglienhaufen als automatisches Erregungsorgan für die Herzbewegung ansehe, ich unter der letzteren nur die normale, unter denjenigen Bedingungen geschehende verstehe, welche im lebendigen Körper oder in Zuständen herrschen, die denen des vollkommnen Lebens möglichst gleich kommen, und dass ich nicht in Abrede stelle, dass auch die übrigen Ganglien des Herzens unter gewissen Bedingungen dauernde Pulsationen erzeugen, und dass, wenn man Lust hat, solche als automatische bezeichnet werden können. Für das Froschherz wurde schon mehrfach erwähnt, dass man den durch Quertheilung des Herzens entstandenen Stillstand des Ventrikels durch eine mechanische Reizung seiner Atrioventricularganglien lösen könne, und für das embryonale Vogelherz habe ich gezeigt, dass die auf dieselbe Art zur Ruhe gebrachten Ventrikel sich wieder für längere Zeit bewegen, wenn man sie einer Temperatur von c. 40⁰ C. aussetzt. Der Begriff automatisch ist überhaupt ein unbestimmter und wird vorzugsweise nur da angewandt, wo wir ein nervöses Centralorgan unter Bedingungen arbeiten sehen, welche nicht einfach und deutlich genug zu Tage liegen, um in physische Zustände bezeichnenden Worten ausgedrückt zu werden, da, wo eine Bewegung sich nicht sofort als einfache Reizbewegung, oder als reflectorische ankündigt. Es knüpfen sich an diesen Gegenstand noch zwei andere Fragen an, nämlich, ob die Bewegungen der obern Hohlvenen auch von den erwähnten Gang-

lienhaufen abhängen, und wie weit das automatische Erregungsorgan für die Vorhöfe und den Ventrikel in die ersteren hineinreiche. Bezüglich der Pulsationen der oberen Hohlvenen habe ich schon früher *) gezeigt, dass mit der Abtrennung der venae cavae superiores an ihren Mündungsstellen in den venösen Sinus ihre Bewegungen nicht erlöschen. Ueber die Ursachen dieser Bewegungen ist nicht gut weiter zu experimentiren, aber man kann, im Anschluss an die vorige Betrachtungsart, als solche die wenigen Ganglienzellen nehmen, welche ich in den Wänden der oberen Hohlvenen nachgewiesen habe. Was die Ausdehnung des automatischen Erregungsorganes nach der Richtung gegen die Vorhöfe hin anlangt, so kann man dieselbe nicht sehr sicher bestimmen. Das scheint mir jedoch fest zu stehen, dass nicht *alle* in der Scheidewand zwischen den Vorhöfen gelegene Ganglien zur Erzeugung der normalen Herzbewegung nothwendig sind, da ich viele Beobachtungen über Quertheilungen des Herzens besitze, in welchen das Herz nie wieder zu schlagen anfieng, obschon noch ein Theil von Ganglien in der Vorhofsscheidewand mit dem Ventrikel in Verbindung war. So gefällig nun auch die Theorie über die Abhängigkeit der Herzbewegung von gewissen Ganglien des Herzens scheinen mag, so muss es doch unsere Pflicht sein, auch denjenigen Thatsachen und Betrachtungen Gehör zu schenken, welche sich mit dieser Vorstellung nicht so leicht zu vertragen scheinen, und welche für einzelne Forscher bereits Veranlassung geworden sind, sich die Entstehung der normalen Herzbewegungen auf eine andere, als eine der beiden bisher erwähnten Weisen vorzustellen. Hierher gehören vorerst die Bewegungen des scheinbar ganglienlosen, embryonalen Herzens. Auf sie möchte ich jedoch vorerst noch wenig Gewicht legen, indem möglich wäre, dass auch hier die Anregung zur Bewegung durch Nervenmasse geschieht, wenngleich sie in der frühesten Zeit des Embryonallebens noch nicht in der microscopischen Form von Ganglienzellen auftritt. Wichtiger dagegen scheinen mir die Bedenken zu sein, welche von Seiten der Beobachtung über die anatomische Zusammensetzung des Herzens wirbelloser Thiere, wie z. B. des Krebses, zu erheben sind. Wir sehen hier ein aus fertigem quergestreiftem Muskelgewebe bestehendes Organ pulsiren, und noch hat die microscopische Anatomie darin keine Ganglien finden können. Bevor jedoch diese Erfahrung als so vollwichtig angesehen werden kann, dass sie uns nöthigt, die Ganglientheorie aufzugeben, ist sie noch durch weitere Untersuchungen zu vervollkommnen. Die Vertagung des Urtheils in dieser Angelegenheit erscheint aber um so mehr gerechtfertigt, als einige Erfahrungen vor-

*) Meine Beiträge Bd. I. S. 149.

liegen, welche darauf hindeuten, dass an den genannten Herzformen durch Nervenreizung vorübergehender Stillstand erzeugt werden könne. Soweit meine eigenen Erfahrungen über die Bewegungen des Hummerherzens reichen, kann ich nicht umhin, zu bemerken, dass es mir scheint, als habe sich die Ganglientheorie von dieser Seite her noch auf einen harten Kampf gefasst zu machen. Endlich sind am Froschherzen selbst gemachte Beobachtungen benutzt worden, um die Automatie seiner Ganglien zu bestreiten. Goltz *) thut dies auf Grund der folgenden, von ihm angezogenen Thatsachen. In *einzelnen* Fällen nämlich will derselbe gesehen haben, wie bei der Abtrennung des Sinus von den Vorhöfen jedes der beiden auf diese Weise erhaltenen Stücke unter Oel, also einem nicht reizenden Medium, plötzlich zur Ruhe kam. Er schliesst hieraus, dass unmöglich automatisch wirkende Ganglien im Herzen vorhanden sein können, da es unbegreiflich wäre, dass solche plötzlich und für immer ihre Wirksamkeit durch einen Act einbüssen sollten, von dem man nicht einsehen kann, dass er sie vernichte, oder sonstwie ihre Thätigkeitsäusserungen verhindere. Man fragt sich dabei zunächst, woher es komme, dass nur in *einzelnen* Fällen eine solche Beobachtung gemacht wird, obschon das experimentelle Verfahren dasselbe bleibt? Man darf daher der erwähnten Beobachtung so lange kein nachdrückliches Gewicht beilegen, als man nicht weiss, welche Fälle die Regel und welche die Ausnahmen bilden. Ueberdiess aber ist die Möglichkeit vorhanden, dass es eine reine, unbewiesene Unterstellung ist, es sei das Oel, selbst wenn es auch von ihm anhaftenden Säuren befreit worden, ein für das Herz ganz indifferentes Medium. Ich hebe diese Möglichkeit hervor, weil ich bei meinen früheren Untersuchungen über die chemischen Nervenreize mehrfach die Beobachtung gemacht habe, dass motorische Nerven in indifferenten Oelen innerhalb viel kürzerer Zeit, ohne Zuckungen zu erregen, absterben, als in einem mit Wasserdampf gesättigten Raum. Es is daher denkbar, dass Ganglien in Oel sich eben so verhalten, um so mehr, als das von *alkalischen* Flüssigkeiten durchdrungene Herz wahrscheinlich für Oel permeabel ist und bei der Quertheilung die blosgelegten Ganglien verhältnissmässig leicht erreichbar sind. So kann es sich dann auch ereignen, dass ein abgetrennter, schon an und für sich schwach pulsirender Sinus bei sehr günstiger Bloslegung seiner Ganglien unter Oel schon nach wenigen Schlägen fast plötzlich zur Ruhe kommt. Ich habe es nicht unterlassen, einige Versuche über diesen Gegenstand anzustellen. Ich habe aber dabei nie den plötzlichen

---

*) Goltz: Ueber die Bedeutung der sogenannten automatischen Bewegungen des ausgeschnittenen Froschherzens. Virchow's Archiv. Bd. 21. S. 191.

Stillstand beobachtet, welchen Goltz beschreibt. Was ich gesehen habe, bestand lediglich darin, dass der Sinus nach seiner Abtrennung unter Oel durch schwächer und schwächer werdende Pulsationen hindurch auffallend früh zur Ruhe kam. Goltz beruft sich bei seinem Kampf gegen die Ganglientheorie ausserdem noch auf den folgenden, von ihm angestellten Versuch. Es werden zwei Frösche so hergerichtet, dass ihre möglichst blutleeren Herzen nur noch mittelst der Nn. vagi mit dem verlängerten Marke und dem oberen Stücke der Wirbelsäule zusammenhängen. Beide Präparate bringt man unter Oel und verknüpft das verlängerte Mark des einen mit einem Inductionsapparate, während das des anderen von jeder Reizung frei bleibt. Das erste Herz geräth mit dem beginnenden Spiel des Inductionsapparates in Diastole und *bleibt* für immer darin, wenn man nicht allzu frühe die Inductionsströme unterbricht, während das zweite wohl gegen eine Stunde fortschlägt. Man sieht sofort die Absicht ein, welche der Autor mit der Einrichtung dieses Versuches verknüpft. Er gedenkt nämlich durch ihn darzuthun, dass, wenn unter der Abwesenheit jedes Reizes, des Blutes im lebenden Körper und der Luft etc. bei unseren Experimenten, das Herz einmal zur Ruhe gekommen sei, es in ihr verharre, was es nicht können würde, wenn automatische Apparate in ihm vorhanden wären. Ich will annehmen, das Factum sei richtig; denn die Prüfung seiner Richtigkeit wird sehr schwer sein, da für jeden Fall, in welchem das Herz, dessen Vagus gereizt wurde, wieder zu schlagen anfängt, gesagt werden kann, dass man die Inductionsströme zu früh unterbrochen habe. Aber selbst bei dieser Annahme möchte ich die von Goltz gezogene Folgerung sehr bedenklich finden. Zuvörderst nämlich fragt man sich, warum das Herz, nur *einmal* unter Oel durch Vagusreizung zum Stillstand gebracht, überhaupt wieder zu schlagen anfängt; man sollte denken, dass, wenn keine automatischen Erregungsorgane vorhanden wären, es bei Abhaltung aller Reize nach einmal *eingetretenem* Stillstand, ganz gleichgiltig, wie lange derselbe gedauert habe, nie wieder zu schlagen anfangen würde, dass also die Dauer des Stillstandes, oder, was dasselbe ist, die der Tetanisirung des Vagus ein ganz gleichgiltiger Umstand sein müsste, was doch nach der Angabe von Goltz durchaus nicht der Fall ist. Dazu kommen weiterhin noch Bedenken, welche Bernstein*) vorgebracht hat. Unter diesen steht namentlich das oben an, dass man sagen kann, das Herz fange nach sehr langem Stillstand bei hierauf unterbrochener Vagusreizung desshalb nicht wieder zu schlagen an, weil den

---

*) Bernstein: Einiges zur Ursache der Herzbewegung. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. 1862. S. 527.

unter Oel liegenden Ganglien die zur Entwickelung ihrer Kraft nothwendigen Bedingungen fehlen, was im Endeffect im Wesentlichen darauf hinausläuft, dass man nach den oben gemachten Bemerkungen auch annehmen kann, es sei das Oel für die Ganglien kein so indifferentes Mittel, als man es vorauszusetzen geneigt ist. Zufolge dieser Betrachtungen scheint es mir zur Zeit noch nicht geboten, die Lehre von der Automatie der Ganglien zu verlassen.

Nach diesen Erörterungen über die Ursache der spontanen Herzbewegungen ist es nun unsere Aufgabe, die Stellung derjenigen Nerven, von welchen das Experiment eine Beziehung derselben zur Herzbewegung nachgewiesen hat, noch theoretisch näher zu beleuchten. Wir können dabei das Rückenmark und den Sympathicus übergehen; denn was von beiden Nerventheilen in theoretischer Hinsicht etwa zu sagen wäre, ist schon oben bei der Mittheilung des Thatsächlichen vorgekommen; es bleibt uns also nur noch der Vagus übrig. Wie haben wir uns die Stellung dieses Nerven gegenüber der Herzbewegung zu denken? dies ist jetzt die Frage. Bei weitem die Mehrzahl der Physiologen scheint sich zu der Meinung zu bekennen, dass der Vagus ein *Hemmungsnerv* für die Herzbewegung sei; selbstverständlich wird von ihnen zur Zeit diese Function nur auf den am Hals verlaufenden Vagusstamm bezogen, da sie es noch nicht als erledigt betrachten, ob dieselbe dem ächten Vagus oder Accessorius zukomme. Sie stützen sich dabei auf die sichere Wahrnehmung, dass eine Erregung des genannten Nerven Verlangsamung des Pulses oder Stillstand des Herzens erzeugt, und stellen sich vor, dass der erregte Vagus die Ganglien veranlasse, die Anregungen zur Bewegung, welche diese der Herzsubstanz ertheilen, zeitweise einzustellen. *Wie* dies geschehe, darüber eine bestimmte Meinung zu äussern, liegen bis jetzt keine Erfahrungen vor, und die eben erwähnte Vorstellung soll also auch durchaus keine tiefere Erklärung des Factums sein. An diesem Puncte hört zur Zeit unsere Erkenntniss dieses Gegenstandes auf. Darauf aber muss aufmerksam gemacht werden, dass wir es im Gebiet der Nervenphysiologie nicht mit dieser einen Thatsache der Art zu thun haben, die Gefahr also, dass wir bei der adoptirten Meinung einer Täuschung verfallen sollten, dadurch sehr vermindert ist. In dieser Beziehung ist nämlich an die später noch zu erwähnende Function des Nervus splanchnicus zu erinnern, welche darin besteht, dass seine Reizung die vorher sich bewegenden Gedärme zur Ruhe zwingt und weiter ist, wie unter der folgenden Nummer gezeigt werden wird, zu erwähnen, dass Erregungen bestimmter Abtheilungen des Nervus vagus gewisse Gruppen von Athemmuskeln ebenwohl in Erschlaffung überführen. Hierzu kommt, dass die übrigen, auf diesen Punkt bezüglichen Thatsachen, insoweit sie sicher

festgestellt sind, der erwähnten Vorstellung nicht widersprechen. Fassen wir das Gehirn als ein Organ auf, welches seinen, nicht zu sensitiven Theilen gehenden Nerven Erregungen mittheilt, gleichgiltig, auf welche Weise es zu dieser Thätigkeit angefacht wird, so muss eine Durchschneidung des Nervus vagus am Halse eine Aenderung in der Bewegung des Herzens zur Folge haben. Dass dies wirklich stattfindet, und worin diese Einwirkung besteht, ist uns hinlänglich bekannt, ebenso, dass sie mit dem Erfolge künstlicher Reizung desselben Nerven in Uebereinstimmung ist. Darauf wird man sich hoffentlich nicht berufen, dass die Pulsbeschleunigung nach der Vagussection bei Vögeln sehr gering ausfällt und bei Fröschen mit Sicherheit noch gar nicht beobachtet ist; denn es lässt sich nicht erwarten, dass bei Thieren mit sehr verschieden ausgebildetem Gehirn dieses stets in demselben Grade seine Nervi vagi innerviren wird, und es entspricht gerade unseren allgemeinen Vorstellungen, welche wir über die Leistungen verschiedener Gehirne der Thierreihe haben, dass die Energie des Froschhirns gegen die des Säugethierhirns zurückstehe. Dieses zu Gunsten der bisher befürworteten Theorie sprechende Raisonnement fällt natürlich weg, sobald es sich durch fortgesetzte Studien wirklich erweisen sollte, dass die der Durchschneidung des Vagus am Halse folgende Beschleunigung des Pulsschlags und der auf Reizung des peripherischen Stumpfes eintretende Stillstand zwei verschiedenen Nervenbahnen angehören. Endlich enthält die *Hemmungstheorie* des Nervus vagus zur Zeit noch dadurch eine besondere Empfehlung, dass eine andere, neben ihr unter dem Namen der *Erschöpfungstheorie* aufgestellte, Ansicht so viele Mängel zeigt, dass sie sich nicht zur Annahme eignet. Wir haben schon bereits auf S. 214 einen Theil dieser Theorie vorgetragen; wir fügen den dortigen Betrachtungen, dieselben vervollständigend und sie auf ihren Werth prüfend, Folgendes hinzu. Bekanntlich wird gemäss derselben der Vagus, welcher als Bewegungsnerv des Herzens angesehen wird, an zwei verschiedenen Stellen erregt: gegen seine Ausbreitung hin im Herzen durch das Blut und an seinem Ursprung durch das verlängerte Mark. Für jede dieser beiden Erregungen oder eine ihm künstlich zugefügte Reizung ist er so empfindlich, dass er sich fast augenblicklich *erschöpft,* für fortgesetzte Reizung sich also unwirksam erweist. Von der Erregung am ersteren Orte sollen die *spontanen Herzbewegungen* abhängen. Diesen Theil der Erschöpfungstheorie haben wir bereits am angezogenen Orte abgehandelt. Wir haben also hier nur noch von der am zweiten Orte geschehenden und der ihr entsprechenden, künstlich hergestellten zu reden. Von dem Verhältnisse dieser zu der ersteren soll es abhängen, wie *schnell* das Herz schlägt und zwar in der Art, dass, wenn eine Erregung

des Vagus innerhalb des Herzens mit einer solchen am verlängerten Mark oder einer dieser substituirten künstlichen zusammenfällt, das Herz schneller schlägt, als wenn durch Durchschneidung des Vagus die obere Erregungsquelle fortgefallen ist.

Untersuchen wir nun, welche Gründe für und gegen diese Auffassung der Natur des Vagusstammes am Halse sprechen. Wir nehmen der Reihe nach die verschiedenen von den Urhebern dieser Theorie erbrachten Gründe vor, lassen die Kritik unmittelbar folgen und prüfen schliesslich noch einige Folgerungen, welche bestehen müssten, wenn jene Vorstellung richtig wäre. Folgende Punkte sind hervorzuheben: a) Man sagt, die Pulserhöhung nach der Vagusdurchschneidung, wie sie oben beschrieben wurde, finde nicht statt; es trete vielmehr mit dem Wegfall der Erregungsquelle vom verlängerten Mark her *Verlangsamung* des Herzschlags ein. Moleschott *), welcher dieses Argument besonders betont hat, formulirt das Endresultat seiner Beobachtungen über diesen Punkt folgendermassen: „Unmittelbar nachdem beide Vagi durchschnitten worden sind, wird der Puls in den meisten Fällen seltener, einige Zeit ($^1/_2$ bis mehre Stunden) nach der Durchschneidung kann die Frequenz bedeutend zunehmen, diese Zunahme ist jedoch nicht beständig, und in einer noch späteren Zeit haben wir immer eine noch geringere Pulsfrequenz beobachtet, als nach dem Anlegen der Hautwunde bestand." Dieses Verhalten wird sich dadurch verursacht vorgestellt, dass anfangs in Folge des Wegfalls der oberen Erregungsquelle das Herz langsamer schlage, dass aber im weiteren Verlaufe durch die entstehenden Entzündungen schwache, die Pulsfrequenz vermehrende Reize gesetzt würden. Nach dem Zeugnisse der meisten Physiologen entspricht aber diese Angabe nicht dem factischen Thatbestand; den allerersten Effect der Durchschneidung etwa abgerechnet, findet, wenigstens bei Hunden und anderen Säugethieren, sofort dauernde Pulsvermehrung statt. Wer jemals in seinen Vorlesungen mit Hilfe des Kymographions den Satz der Pulslehre demonstrirt hat, dass mit wachsender Anzahl der Pulsschläge (durch Vagussection erzeugt) der mittlere Blutdruck wachse, muss gesehen und gezeigt haben, wie die Vermehrung des Herzschlags der Vagusdurchschneidung unmittelbar und dauernd auf dem Fusse folgte. b) In anderer Weise kommt Herr Schiff **) über die Unbequemlichkeit hinweg, dass Durchschneidung des vorzüglichsten, wenn nicht alleinigen, Bewegungsnerven des Herzens *Pulsvermehrung* erzeugen soll; er betrachtet nämlich, wie schon oben mitgetheilt wurde, die Erzeugung des Herz-

*) Dessen Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen etc. Bd. VIII. S. 112.

**) Schiff: Lehrbuch der Physiologie. I. S. 420.

stillstandes bei Vagusreizung als durch die Reizung der Accessoriusfasern und die Beschleunigung des Herzschlags bei der Vagussection als durch die ächten Vagusfasern bewirkt. Verstehe ich Herrn Schiff recht, so spielen nach ihm die ächten Vagusfasern bei der Herzbewegung direct gar keine Rolle; denn er ist der Meinung, *dass die gedachte Pulserhöhung von anderen Umständen, als von der Durchschneidung der Herznerven abhängen müsse.* Durch diese Behauptung wird aber die Stellung des Halsvagus dem Herzen gegenüber wenig aufgeklärt. Vorerst bleibt dadurch die nicht wegzuleugnende Beschleunigung des Herzschlags nach der Trennung jenes Nerven vollkommen unerklärt. Sodann ist es unverständlich, wie, gemäss der Angabe des Herrn Schiff, die Ausrottung des Accessorius ohne Einwirkung auf die Pulszahl bleiben soll, wo eine Verlangsamung erwartet werden muss, da die *eine* Quelle der Erregung weggefallen ist. Man kann zwar sagen, dass die Einwirkung von Seiten des Gehirns auf das Herz mittelst der Accessoriusfasern sehr gering sei, so dass die Continuitätstrennung der letzteren keinen Erfolg habe, allein es bleibt sehr unbefriedigend, von den ächten Vagusfasern, welche keine directe Beziehung zur Herzbewegung haben sollen, zu sehen, wie ihre Trennung eine augenblickliche Veränderung der Pulszahl bewirkt, während die Accessoriusfasern, welche die Bewegungsfasern des Herzens darstellen, ihre Lösung vom Gehirn gar nicht markiren sollen, um so mehr, da sie doch so ungemein leicht, durch ein wenig Blut z. B., schon erregt werden können. Aber legen wir diesen Punkt einstweilen bei Seite, so viel nehmen wir aus diesen Betrachtungen mit, dass aus der Meinung des Herrn Schiff uns kein volles Verständniss der Functionen des Halsvagus entspringt, nach welcher wir doch hier streben. Und weiter können wir sagen, dass von nun an alle Argumente, welche jetzt noch zu Gunsten der Ansicht, dass die Accessoriusfasern Bewegungsnerven des Herzens sein sollen, vorgebracht werden, Viel, wenn nicht Alles, an überzeugender Kraft einbüssen müssen, so lange ihre experimentellen Grundlagen den Halsvagus betreffen, da dieser von nun an noch Fasern einschliesst, nämlich die ächten Vagusfasern, deren Trennung Erhöhung der Pulsfrequenz bedingen soll, über deren Wirkung gar keine Vorstellung existirt. c) Es wird behauptet, dass der jeweilige Rhythmus des Herzens von der Erregung der Herznerven innerhalb des Herzens und einer gleichzeitigen derselben im verlängerten Mark oder eines die letztere ersetzenden, künstlichen dergestalt abhänge, dass mit dem Eintritt beider das Herz sich schneller bewege, dagegen langsamer schlage, wenn die obere Erregungsquelle fortfalle, wobei jedoch der Zusatz gemacht wird, dass die ausserhalb des Herzens stattfindende Reizung gewisse Eigenthümlichkeiten besitzen müsse.

Der Inhalt dieser Anmerkung ist, dass nur dann Beschleunigung stattfinde, wenn die obere Erregung schwach sei und aus gewissen, schwer zu bestimmenden Grenzen nicht heraustrete; werde dieser Bedingung nicht Genüge geleistet, so schlage das Herz langsamer oder stehe in Folge der Erschöpfung seiner Nerven still. Dies Alles wird für Jedermann für unmittelbar verständlich gehalten mit alleiniger Ausnahme des Punktes, dass eine starke, obere Erregung des Vagus die schwache untere im Herzen geschehende wirkungslos machen kann. Die Richtigkeit desselben wird nämlich als sich nicht von selbst verstehend durch das folgende Experiment zu beweisen gesucht. Am unteren Ende des Nerven eines Nerv-Muskelpräparates liegen die Electroden einer Kette an, welche durch eine Pendelvorrichtung geschlossen und geöffnet wird, und auf diese Weise den Muskel periodisch in Zuckungen versetzt. Am oberen Ende des Nerven befinden sich die Electroden eines kräftigen Inductionsapparates. Mittelst desselben wird nun vorest der Nerv bis zur Erschöpfung tetanisirt. Lässt man jetzt die Pendelvorrichtung ihr Spiel treiben, so findet man, dass während einer erneuten, den Nerven erschöpfenden Thätigkeit der Inductionsvorrichtung die Stromesschwankungen jener Kette unwirksam sind und erst mit dem Wegfall der Reizung am oberen Ende des Nerven wieder wirksam zu werden beginnen. Hierdurch wird nach Herrn Schiff's Meinung demonstrirt, wie eine starke Erregung am oberen Ende eines Nerven eine weiter abwärts stattfindende wirkungslos macht. So soll also auch eine starke Reizung am oberen Ende der Herznerven die innerhalb des Herzens auf diese wirkenden Reize erfolglos machen, also das Herz zum Stillstand bringen. Der Versuch ist von Pflüger*) wiederholt und unter den angegebenen Bedingungen für richtig befunden worden. Er gelingt aber nicht, wenn man anstatt einer Inductionsvorrichtung den Tetanomotor nimmt, welcher doch auch zum mindesten Verlangsamung des Herzschlags, nach anderen Zeugnissen sogar Herzstillstand, erzeugt. Hieraus folgt, dass das von Schiff ersonnene Reizungsarrangement nicht so unmittelbar die analogen Erscheinungen am Herzen erläutern kann. Folgendes kommt hinzu. Nimmt man die Inductionsströme schwächer, so dass durch sie der Nerv nicht erschöpft wird, sondern der Muskel sich gar nicht oder nur so schwach zusammenzieht, dass die Schwankungen der (untern) Kette noch deutliche Zuckungen auslösen, so kann man auf keine Weise, weder durch die gewählten Inductionsströme, noch durch Verstärkung derselben es dahin bringen, dass die der Kette zugehörigen Zuckungen langsamer geschehen; so lange sie noch merkbar sind, folgen sie einander in dem

*) Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. 1859. S. 13.

der Pendelvorrichtung entsprechenden Tempo. Daraus ergiebt sich, dass der von Schiff angegebene Versuch es auch nicht erläutern kann, wie eine obere, mässig starke Reizung des Vagus die untere Erregung bezüglich ihres *Rhythmus* ändern könne. Mancherlei zugegeben, so bleibt für den Fall einer *theilweisen* Erschöpfung durch den obern Reiz die *Verlangsamung* des Herzschlags ohne Erklärung; man würde dann nicht diese, sondern eher einen *schwächern* Herzschlag, aber denselben in der frühern zeitlichen Folge erwarten. Man könnte sich vielleicht fragen, woher es komme, dass an einem durch Inductionsströme erschöpften Nerven eine weiter abwärts angebrachte Kette, welche doch mit der direct gereizten Strecke Nichts zu thun habe, sich unwirksam erweise. Die Antwort ist die, dass der Zustand der Erschöpfung, welcher durch die starken Inductionsströme herbeigeführt wird, sich auch auf die übrigen Theile des Nerven fortpflanzt. Endlich muss ich gestehen, ist es mir durchaus nicht so unmittelbar einleuchtend, dass eine gewisse, schwache Erregung am oberen Ende des Herznerven eine *Beschleunigung* des Pulses hervorbringen muss. Wenn ich mir das Herz in der Schlagfolge vorstelle, wie diese zu einer gegebenen Zeit den Erregungen, Ermüdungen und Erholungen der Nerven innerhalb des Herzens entspricht, so ist eine Beschleunigung des Rhythmus nur dadurch möglich, dass diese Erregungen nach Zeit und Intensität abgekürzt werden, wodurch die Ermüdung gemindert ist, oder dass durch Vorgänge der Ernährung die Erholung beschleunigt wird. Um das Eine oder Andere zu bewirken, muss am Herzen selbst und den dort auf dasselbe wirkenden Reizen Etwas geschehen; und ich kann nicht begreifen, wie irgend eine am oberen Ende der Herznerven geschehende Reizung, welcher Art und welcher Intensität sie auch sein möge, die untere Reizung nach Zeit oder Intensität verringern, oder die Erholung beschleunigen soll. Es muss noch hervorgehoben werden, dass die Erklärung des auf stärkere Vagusreizung folgenden Herzstillstandes aus einer *Erschöpfung* des Vagus keinen palpabeln Sinn hat; denn wenn von einer Unthätigkeit in Folge von Ermüdung die Rede ist, so muss doch vorher ein Zeichen der Thätigkeit vorausgegangen sein. Man müsste also im Sinne der Theorie von Schiff das Herz vorher haben schneller schlagen sehen, eine Ableitung, welche sich bei stärkerer Vagusreizung noch nie als jene Unterstellung bestätigend eingestellt hat. Ich glaube demnach, dass auch durch diese Ueberlegungen sich die Ansicht nicht im Vortheil sieht, nach welcher die im Vagus als Accessoriusfasern zum Herzen laufenden Nerven leicht erschöpfbarer motorischer Natur sein sollen; da, um es noch einmal zusammen zu fassen, die von den Vertheidigern dieser Theorie behaupteten Ergebnisse der künstlichen Reizung nicht verständlich sind, durch Hin-

weisung auf Analogieen es auch nicht werden, und ausserdem es auch gar noch nicht einmal factisch feststeht, dass durch irgend eine Reizungsart des peripherischen Vagusstumpfes das Herz zu schnellerem Schlage bestimmt werden kann. d) Es soll auch weiter das Verhalten des Nervus vagus gegenüber constanten Strömen mit der Ansicht in Einklang sein, dass der Halsvagus die motorischen Fasern des Herzens enthalte. Da nämlich das Verhalten gereizter motorischer Nerven gegenüber constanten Strömen, welche an anderen, als den gereizten Stellen, den Nerven durchziehen, nach S. 100 ff. bekannt ist, und da weiter nach der Erschöpfungstheorie der Vagus innerhalb des Herzens der Reizung unterliegt, so scheint es, als liesse sich im Voraus bestimmen, welches der Effect sein muss, wenn wir den Vagus ausserhalb des Herzens der Einwirkung von constanten Strömen unterwerfen. Man hat also daran gedacht, diese Ableitungen zu machen, sie mit der Erfahrung zu vergleichen, und so einen Prüfstein für den Werth der fraglichen Hypothese zu gewinnen. Ob für jede Anordnung des Stromes jene Ableitungen mit vollkommener Sicherheit geschehen können, wird sich zeigen, indem wir jetzt die Sache ins Einzelne verfolgen *). *α.* Lassen wir starke aufsteigende Ströme durch den Vagus ziehen, so verfällt die nach dem Herzen hin gelegene Strecke in einen Zustand verminderter Erregbarkeit, die innerhalb des Herzens auf den Nerven wirkenden Reize müssen also geschwächt werden, und in Folge davon, falls wir es hier mit einem Bewegungsnerven zu thun haben, die Pulsationen an Stärke abnehmen und bei hohen Stromstärken gänzlich aufhören. Die Versuche sagen aus, dass solche Ströme *wirkungslos* für die Herzpulsationen sind. Herr Moleschott will zwar unter diesen Umständen Verlangsamung des Herzschlags beobachtet haben, aber weder v. Bezold, noch Pflüger, noch ich selbst haben jemals diese Beobachtung machen können, trotzdem, dass ich zu wiederholten Malen den Gegenstand vorgenommen habe. Sind die im Vagus aufsteigend gerichteten Ströme sehr schwach, so dass also der Anelectronus in sehr geringem Grade ausgebildet ist, also der Zustand erhöhter Erregbarkeit, d. i. der Katelectrotonus, sich durch jenen hindurch fortpflanzen kann, so ist theoretisch kaum abzusehen, was nach der Theorie von Schiff und Moleschott erfolgen muss. Man kann zwar sagen, dass alsdann während des Geschlossenseins der Kette der Herzschlag *häufiger* werden müsse; es scheint mir aber dieses keine Nothwendigkeit zu sein. Es greifen nämlich jetzt die Reize im Herzen an erregbarern Nerven, als zuvor, an, und demgemäss sind wohl an *Intensität stärkere* Pulsationen zu erwarten, aber wie oft sich dieselben

*) Vergl. hierzu S. 199 u. 200.

wiederholen, kann nicht angegeben werden, da man nicht weiss, wie es sich jetzt mit der *Erholung* des Nerven, welche doch wesentlich die Häufigkeit des Herzschlags mit bedingt, verhält. Daher ist mir auch die v. Bezold bei der Schliessung schwacher aufsteigender Ströme beobachtete Verlangsamung kein strenger Beweis gegen Schiff's Theorie. Werden Ströme, welche aufsteigend in einem Bewegungsnerven geflossen haben, geöffnet, so tritt oft der Ritter'sche Tetanus ein. Dies auf das Herz im Sinne der Theorie von Schiff und Moleschott angewandt, würden sich die Herznerzen im Tetanus befinden, es müsste mehr oder weniger allgemeine Systole eintreten. Da man aber auch jetzt wieder nicht über die Art der Ermüdung unterrichtet ist, so kann man nicht sagen, ob überhaupt noch der Herzschlag bestehen muss oder nicht, und noch viel weniger, ob er häufiger oder langsamer werden müsste. v. Bezold meint, er müsse häufiger auftreten, und da er selbst im Gegentheil Verlangsamung beobachtet hat, schliesst er auch hieraus auf die Unrichtigkeit der Erschöpfungstheorie. β. Sind die Ströme in einem gewöhnlichen Bewegungsnerven absteigend, so befindet sich bei jeder Stromstärke die dem Muskel zugekehrte Nervenstrecke im Zustande höherer Erregbarkeit. Nach der Schiff-Moleschott'schen Hypothese gilt dies auch für den Vagus. Die Folge davon ist, dass, da die Reize im Herzen an einem erregbareren Nerven angreifen, die Pulsationen stärker ausfallen müssen. Ueber die Häufigkeit des Herzschlags kann aber auch hier keine Voraussage gemacht werden; denn jene hängt mit von der Erholung des Nerven ab, welche abermals unter der neuen Bedingung unbekannt ist. Es ist also unter diesen Verhältnissen weder die von Moleschott gesehene Beschleunigung des Herzschlags ein Beweis *für* die Richtigkeit jener Ansicht, noch die von v. Bezold beobachtete Verlangsamung ein solcher *dagegen.* Da bei der Oeffnung absteigender Ströme, welche durch Bewegungsnerven fliessen, ebenwohl Ritter'scher Tetanus entstehen *kann,* so gilt hier dieselbe Bemerkung, welche vorher für die Oeffnung des aufsteigenden Stromes gemacht wurde. Aus diesen Betrachtungen ergiebt sich als endliches Resultat, dass die Erschöpfungstheorie allerdings durch das Verhalten des Nervus vagus zum constanten Strom geprüft werden kann, dass aber nicht jedes einzelne Arrangement des Stromes sich dazu mit gleicher Sicherheit eignet. In den Fällen aber, die sich zu einer scharfen Vorherbestimmung des Erfolgs eignen, stimmt die Beobachtung nicht mit der Ableitung. Es sind also auch von dieser Seite her fühlbare Mängel an der Erschöpfungstheorie vorhanden. e) In gleicher Weise stimmt auch das Resultat gewisser chemischer Reizungen des Vagus nicht mit dieser Theorie. Mit Rücksicht nämlich auf die Erfahrung, dass eine Kochsalzlösung gewöhnliche moto-

rische Nerven in der Weise erregt, dass sie Anfangs nur wenige Muskelbündel in Bewegung versetzt, dann deren Zahl und die Stärke ihrer Zusammenziehung zunimmt, bis erst nach einiger Zeit der ganze Muskel in einen vollkommnen Tetanus verfällt, sollte man erwarten, dass der Nervus vagus, wenn er ein motorischer Nerv gewöhnlicher Art ist, sich ähnlich verhalte *). Aber man beobachtet der Art nicht das Geringste, sondern immer wieder die alte Erscheinung, dass das Herz anfangs langsamer schlägt und schliesslich in Diasole stillsteht. Keine Fiber ist dabei bevorzugt, es tritt keine Irregularität der Zusammenziehung einzelner derselben bezüglich der Zeit auf. Dies bleibt ebenwohl unverständlich, wenn der Vagus motorischer Herznerve sein soll. f) Zu all diesen Entgegnungen, welche der Erschöpfungstheorie gemacht werden müssen, fügen sich endlich noch die Unwahrscheinlichkeiten hinzu, welche man dabei über die physische Constitution des Vagus machen muss. Dieser Nerv hat einen microscopischen Bau, welcher mit dem aller übrigen Nerven übereinstimmt, seine electromotorischen Eigenschaften, von denen behauptet worden war, dass dieselben nicht mit denen anderer Nerven übereinstimmten, sind schliesslich als keine Besonderheiten zeigend erkannt worden; er soll nun in Bezug auf seine Erregbarkeitsverhältnisse aus dem Bereiche der gewöhnlichen Nerven heraustreten; er soll durch Mittel (z. B. das Blut) erregt werden, welche keinen Nerven für sich in Erregung versetzen, und soll überdiess sich so augenblicklich erschöpfen, dass, wenn nur ein wenig stärkere Reize auf ihn wirken, er ohne ein Zeichen der Thätigkeit von sich gegeben zu haben, sogleich in Erschöpfung verfällt. Ich glaube, dass Angesichts solcher Thatsachen und Voraussetzungen kein vorsichtiger Physiologe zur Zeit die Theorie der Vaguswirkung, wie sie Schiff und Moleschott vortragen, adoptiren kann.

Wir haben jetzt sowohl das experimentelle Material, welches über das Nervensystem des Herzens bekannt ist, als auch die theoretischen Betrachtungen vorgetragen, welche über seine Wirkungen angestellt worden sind. Es lässt sich nicht läugnen, dass die *Ganglientheorie* über die *spontanen Bewegungen* des Herzens und die *Hemmungstheorie* über die Stellung des *Vagus zum Herzen* verständliche und bis zu einem gewissen Grade auch befriedigende Rechenschaft geben. Es wurde aber schon oben angedeutet, dass das Herz noch Bewegungserscheinungen zeigt, welche noch nicht vollkommen begriffen sind. Ich meine damit die einzelnen Pulsationen, welche dasselbe auf Reize im Zustande der Dia-

*) Eckhard: Zur Theorie der Vagus-Wirkung. Müller's Archiv. 1851. S. 205.

stole zeigt, gleichgiltig, auf welche Weise auch dieselbe erzeugt worden sein mag. Diese können nicht als reine Reizbewegungen aufgefasst werden; denn sie besitzen deren gewöhnliche Charactere nicht, da sie einmal schon auf Reize erscheinen, welche, auf andere quergestreiftes Muskelgewebe applicirt, unwirksam sind und sodann auch nicht local auf die gereizte Stelle beschränkt bleiben, sondern stets eine ganze Herzabtheilung erfassen. Mit Rücksicht auf diese Eigenschaften derselben hat man sie wohl als *reflectorische* von den andern Herzbewegungen unterschieden. Man kann nicht läugnen, dass sie in ihrer Erscheinungsweise an reflectirte Bewegungen erinnern. Durch diesen Umstand und die Thatsache, dass bei der bekannten Quertheilung des Herzens der in Diastole verharrende Ventrikel noch Ganglien, die *Atrioventricularganglien*, enthält, ist Bidder veranlasst worden, die letzteren als die Centra der sogenannten reflectorischen Bewegungen des Herzens zu betrachten. Ich habe jedoch bereits vor Jahren gegen diese Auffassung den Umstand geltend gemacht, dass jene Bewegungen auch dann noch am Ventrikel zu beobachten sind, wenn man die Atrioventricularganglien entfernt hat. Für diese Formen der Herzbewegung fehlt uns also zur Zeit noch das Verständniss. Ihre täuschende Aehnlichkeit mit reflectorischen Bewegungen könnte man allenfalls in Uebereinstimmung mit dem Umstand finden, dass, da das embryonale Herz anfangs eine *zusammenhängende* Masse contractiler Substanz, auf spätern Stadien ein *Flechtwerk* von Muskelfasern darstellt, welches sich jedenfalls theilsweise, wie directe Beobachtungen am völlig ausgebildeten Herzen ergeben haben, vielleicht aber auch gänzlich, erhält. Aber die Eigenthümlichkeit, dass sich jene einzelnen Pulsationen auf so geringfügige Reize auslösen, welche an der quergestreiften Muskelsubstanz völlig spurlos vorübergehen, verlangt noch eine besondere Eigenschaft der physischen Structur des Herzmuskels, welche wir bis jetzt nicht anders beschreiben können, als dass wir die beobachtete Thatsache in einigen allgemeinern Worten wiederholen, indem wir etwa sagen, es besitze der Herzmuskel für directe Reize eine grössere Empfindlichkeit, als der gewöhnliche, quergestreifte Muskel. Es versteht sich aber von selbst, dass wir damit keine weitere Aufklärung gewonnen haben, vielmehr diese durch fortgesetzte Untersuchungen erst noch von der Zukunft erwarten.

4. *Er steht in besonderer Beziehung zu dem Centrum der Athembewegungen.* Dies zeigt sich in doppelter Weise: in dem Einfluss, welchen seine *Durchschneidung* und die nachfolgende *Reizung seines centralen Stumpfes* auf die Zahl und Intensität der Athembewegungen ausüben. Die erstere Einwirkung betreffend, so sind folgende Beobachtungen bekannt geworden. Bei der Durchschneidung nur *eines* Vagus ist in der

Regel keine Einwirkung auf die Athembewegungen nach irgend einer Beziehung hin sichtbar. Wird der andere auch getrennt, so tritt im Allgemeinen *Verlangsamung* der Athembewegungen ein. In den meisten Fällen ist diese Verminderung der Athemfrequenz unmittelbar nach der Section zu sehen, in anderen macht sie sich jedoch erst später bemerkbar; in beiden aber nimmt sie mit der Zeit nach der Durchschneidung fortwährend zu. Zugleich ist aber auch die *Intensisät* der einzelnen Athemzüge grösser geworden, was sich theils in einer stärkern Zusammenziehung der bei normaler Respiration thätigen Muskeln, theils in dem Hinzutreten der Wirksamkeit neuer bethätigt. Diese Erscheinungen sind nicht etwa Folgen der Durchscheidung des N. laryngeus inferior, durch welche Verengerung der Stimmritze erzeugt wird, da sie auch dann beobachtet werden, wenn man vor der Section des Vagus eine Trachealfistel angelegt hat. Nach einer Beobachtung von Rosenthal *) reicht, so lange, als in Folge pathologischer Entartung der Lunge, welche sich schon wenige Stunden nach der Durchschneidung einzustellen pflegt, die Energie des Centralorgans der Athembewegung nicht wesentlich bei einträchtigt wird, die grössere Intensität nahezu oder ganz hin, den Verlust zu ersetzen, der durch Verringerung der Anzahl der Athemzüge ohne Zunahme ihrer Tiefe entstehen würde. Dies ergiebt sich daraus, dass wenn man vor und nach der Vagusdurchscheidung die *Athemgrösse* d. i. das Product aus der Zahl der Athemzüge in das exspirirte oder nhalirte Luftvolum, für gleiche Zeiten bestimmt, es unter der angegebenen Bedingung nahezu dasselbe bleibt. Hiernach würden also die von der Medulla oblongata ausgehenden Kräfte durch den durchschnittenen Vagus keine Aenderung ihrer *Grösse,* sondern nur eine andere *zeitliche Vertheilung* erfahren. Was die Erscheinungen der Reizung des centralen Vagusstumpfes anlangt, so kommt ein sehr verschiedener, ja oft sich scheinbar widersprechender Erfolg zu Stande, je nach dem Orte, wo der Vagus getrennt wurde. Traube **), welcher zuerst die Reizung des centralen Endes des Vagus sorgfältig ***) ausführte, sah bei *schwächerer* Erregung *Beschleunigung* der in Folge der Durchschneidung des Vagus langsamer gewordenen Athembewegungen, bei stärkerer dagegen *Still-*

*) Rosenthal: Die Athembewegungen.

**) Traube: Med. Zeitung des Vereins für Heikunde in Preussen. 1847. Nr. 5. p. 20.

***) Vor Traube waren schon Beobachtungen bekannt, welche im Allgemeinen den Einfluss des gereizten Vagus auf die Athembewegungen bewiesen: Gendrin in der Uebersetzung von: Abercrombie's malad. de la moelle épinière. 1835. S. 627. Cruveilhier: Nouv. Biblioth. méd. t. II. S. 172. 1828. Romberg: Müller's Archiv. 1828. S. 311.

stand desselben in Form der Inspiration, d. i. also namentlich Zusammenziehung des Zwerchfells. Ich *) selbst und Budge **) sahen, zum Theil ohne Traube's Beobachtung zu kennen, bei schwächerer Reizung gleichfalls Beschlennigung, bei stärkerer aber Stillstand in der Form der *Exspiration.* Nachfolgende Beobachter schlugen sich bald auf die eine, bald auf die andere Seite. Rosenthal hat den Grund dieses verschiedenen Erfolgs aufgedeckt. Derselbe machte die Beobachtung, dass eine schwache Reizung des Nervus laryngeus superior *Verlangsamung* der Athembewegungen und eine stärkere *Stillstand* desselben in *Exspiration* erzeugt; dass dagegen, wenn man den Vagus so weit unten am Halse durchschneidet und dergestalt reizt, dass weder Stromesschleifen noch secundäre Erregungen den Nervus laryngeus superior treffen, man *Beschleunigung* resp. *Stillstand* der Athembewegungen in der *Inspiration* erhält ***). Zu diesen allgemeinen Erfahrungen hat er noch eine Anzahl einzelner hinzugefügt, von denen die folgenden die wichtigsten sind. Bei der alleinigen Reizung des Nervus laryngeus superior mit schwachen Strömen contrahirt sich das Zwerchfell der Art, dass die *Pausen* zwischen zwei auf einander folgenden Contractionen immer länger werden, bei solcher mit starken bleibt das Zwerchfell in voller Erschlaffung während vieler Secunden, bis endlich eine starke Zusammenziehung desselben durchbricht. Während der Erschlaffung des Zwerchfells treten kleine,

---

*) Eckhard: Grundzüge der Nervenphysiologie. p. 136.

**) Budge: Compt. rendus 1854. XXXIX. 749 ff.

***) Ich kann nicht umhin, zu bemerken, dass Herr Rosenthal in der Darstellung der Angaben von Traube und Budge etc. partheilich verfahren hat. Herr Rosenthal nämlich versteht unter Vagus den Theil der Vagusbahn, nachdem der Nervus laryngeus abgegeben ist. An dieser Stelle des Nerven hat Traube seine Versuche angestellt, und da Herrn Rosenthal's Versuche mit den Erfahrungen Traube's stimmen, so haben alle anderen Beobachter selbstverständlich Unrecht. Als ich meine Versuche anstellte, fiel es mir gar nicht ein, mich an diese Stelle des Nerven zu wenden. Nicht allein war es mir als Anatom zuwider, vom gereizten *Vagus* zu sprechen und nur einen *Theil* seiner Fasern zu reizen, sondern die Vorstellung, dass der Nervus vagus in *reflectorischer* Beziehung zur Medulla oblongata stehe, *verlangte* geradezu die *Miteinschliessung* des Nervus laryngeus superior als des vorzugsweise centripetal wirkenden Astes in den zu reizenden Nerven. So bekam ich natürlich bei starken Strömen Stillstand in Exstirpationsstellung. Meine Beobachtung ist also gleichwohl richtig. Herr Rosenthal hat daher gar keinen Grund, sich so sehr zu verwundern, dass die leicht anzustellenden Versuche am Vagus, in seinem Sinn genommen, zu so widersprechenden Angaben geführt haben. Dass ich damals *vernünftigermassen* den Nervus laryngeus superior mit in die Reizung einschloss, hat seine Früchte getragen. Der Widerspruch hat zu einer schönen Entdeckung geführt. Ohne ihn würde Rosenthal's Buch über die Athembewegungen dann wahrscheinlich noch nicht existiren.

Zusammenziehungen exspiratorischer Muskeln auf, die unter Umständen in eine Art von Tetanus übergehen können. Dieses Verhalten hat Rosenthal veranlasst, den Nervus laryngeus superior für den *Hemmungsnerven des Zwerchfells* zu erklären. Ich hatte früher dieselbe Idee, nur mit dem Unterschiede, ausgesprochen, dass ich als Hemmungsnerv den noch den Nervus laryngeus superior enthaltenden Vagus ansah. Bei der Erregung des Nervus vagus unterhalb des Abgangs des Nervus laryngeus superior können alle Inspirationsmuskeln reflectorisch erregt werden, nicht aber die Exspiratoren, selbstverständlich, was die Dauer und Stärke der Zusammenziehung der ersteren anlangt, innerhalb sehr weiter Grenzen, welche wesentlich durch die Stärke des Reizes mit bedingt werden.

5. *Er hat Einfluss auf die Ernährungserscheinungen in der Lunge.* Schon sehr früh ist beobachtet worden, dass nach der Vagussection beträchtliche Veränderungen in dem Lungengewebe statt haben und dass früher oder später der Tod des Thieres unvermeidlich eintritt. Kaninchen überleben die Operation selten länger als 20—30 Stunden. Die Autopsie der an den Folgen der Vagusdurchschneidung zu Grunde gegangenen Thiere ergiebt das Vorhandensein von schleimigen und serösen Massen in den Bronchien und Luftbläschen, so dass man bisweilen Mühe hat, einzelne Lungenläppchen aufzublasen; selbst blutige Ergüsse und Coagulation derselben, welche dem Lungengewebe ein ganz verändertes Ansehen geben, werden häufig gefunden. Ebenso begegnet man auch hie und da vesiculärem Emphysem. In Folge der dadurch stark beeinträchtigten Function der Lunge sind die Unterschiede zwischen arteriellem und venösem Blut fast vollständig verwischt. Diese Veränderungen stellen sich auch ein, wenn man den Thieren Trachealfisteln anlegt und Kanülen einbindet, obschon die Erscheinungen in derselben Zeit weniger intensiv auftreten, zumal wenn man den in der Canüle sich ansammelnden Schleim öfters sorgfältig entfernt. Die Ursachen dieser Erscheinungen hat man anfänglich meist ausschliesslich in dem einen oder anderen Umstand gesucht, der die Vagussection begleitet; so z. B. darin, dass durch die gelähmte Glottis Speise und Getränk in die Luftröhre gelange, was ausserdem noch besonders leicht desshalb geschehen könne, weil in dem gelähmten Oesophagus sich die aufgenommene Nahrung anhäufen müsste; oder in Veränderungen der Lungengefässe und feinsten Bronchien, welche der Vagusdurchschneidung folgen sollten, etwa so, wie die Ernährungsstörungen, welche die Trigeminusdurchschneidung begleiten; oder in dem vermehrten Herzschlag, welcher mehr Blut und dasselbe noch unter einem höhern Druck als vorher durch die Lungen treibt etc. Wahrscheinlich wirken aber mehre dieser und vielleicht noch andere Ursachen zusammen. Indess lassen

sich manche derselben nicht hinlänglich scharf absondern und gestatten daher keine besondere Schätzung ihres alleinigen Effectes, wie dies namentlich mit der unterstellten Veränderung der Lungengefässe und den Folgen des beschleunigten Herzschlags der Fall ist. Einige andere dagegen, wie namentlich das Hineingerathen von Speisen in die Luftröhre, lassen sich ausschliessen. Man hat nach der Durchschneidung des Vagus eine Trachealfistel angelegt, eine Canüle eingebunden, wodurch der obere Theil der Luftröhre, von wo aus ein Eindringen der Speisen zu befürchten war, gänzlich von dem unteren abgeschlossen war. Dennoch stellten sich die beschriebenen Veränderungen ein *).

6. Es wird auch vom N. vagus behauptet, dass er reflectorisch auf die *Absonderung der glandula submaxillaris* wirke. Oehl **) giebt über diesen Punkt an, dass Erregung des Vagus am Halse zu vermehrter Secretion in beiden Unterkieferdrüsen führe und zwar vorzugsweise in der der erregten Seite entsprechenden. Die Wirkung soll erst einige Zeit nach der Reizung, wenn Uebelkeit zu erscheinen anfängt, auftreten. Sie soll fehlen, wenn man vorher die Chorda tympani durchschneidet. Auch von der Schleimhautoberfläche des Magens aus soll jene Erscheinung einzuleiten sein; er sah sie beim Einspritzen reizender Flüssigkeiten durch eine Magenfistel. Ich habe lange vor dem Erscheinen von Oehl's Arbeit denselben Gegenstand einmal unter den Händen gehabt. Ich kam jedoch zu keinem recht entscheidenden Resultat und gab daher die Sache auf. Bald schien eine unbedeutende Absonderung mit der Reizung der Magenschleimhaut zu coincidiren, bald stellte sich gar Nichts ein. Reizungen des Vagusstammes habe ich nicht versucht. Meine frühern Zweifel an dem Bestehen einer solchen Function des Nervus vagus sind von neuem besonders lebhaft geworden durch die Arbeit von Schlüter, der von dieser Angelegenheit gar Nichts erwähnt, obgleich man meinen sollte, dass, wenn es mit ihr seine Richtigkeit hätte, er Etwas von ihr gesehen haben müsste. Auf die Absonderung in der Parotis wirkt er ebenfals nicht reflectorisch ***).

7. Ferner haben wir den Einfluss des Nervus vagus auf die *Magensaftsecretion* und die *Verdauung* zu besprechen. Darin stimmen wohl ohne Zweifel alle Beobachter überein, dass nach der Durchschneidung der beiden Nervi vagi am Halse Störungen in dem Verdauungsgeschäfte eintreten; es werden, wenn auch nicht immer, doch häufig, geringere

---

*) Schiff: Ueber den Einfluss der Vagusdurchschneidung auf das Lungengewebe. Vierordt's Archiv. Bd. IX. S. 628.

**) Comptes rendus. LIX. p. 336.

***) v. Wittich: Berliner klinische Wochenschrift. 11. Juni. 1866. S. 255.

Mengen von Magensaft abgesondert und die verdauende Kraft desselben ist nicht unerheblich herabgesetzt. Unter Anderen haben Bidder und Schmidt *) dies durch quantitative Versuche ausser allen Zweifel gesetzt. Es entsteht aber die Frage, ob die Lungenmagennerven direct die Absonderung des Magensaftes nach Menge und Beschaffenheit beherrschen, oder ob jene Veränderungen nur die Folgen anderer, durch den gelähmten Vagus eingeleiteter Umstände sind. Die oben erwähnten Forscher entschieden sich für die letzte Annahme. Aus der bei ihren Versuchen über die Durchschneidung der Vagi gemachten Beobachtung, dass die operirten Thiere die aufgenommene feste und flüssige Nahrung nicht verschlucken konnten, sondern die im Schlunde angehäuften Massen durch Erbrechen entleerten, schlossen sie, dass jene Veränderungen bezüglich der Absonderung und Verdauungsfähigkeit des Magensaftes dadurch erzeugt würden, dass der für beide so wichtige Speichel nicht in den Magen hinabbefördert werden könnte. Sie wurden in dieser Ansicht durch den Umstand bestärkt, dass die Menge des abgesonderten Magensaftes, sowie der Säuregehalt desselben sich gleichblieben, wenn sie in zwei mit einander zu vergleichenden Versuchen in dem einen durch Unterbindung der Ausführungsgänge der Speicheldrüsen, in dem andern durch Vagussection den Zutritt von Speichel zum Magensaft verhinderten. Cl. Bernard **) und Pinkus ***) kamen durch Untersuchungen über denselhen Gegenstand zu anderen Ansichten. Der erste giebt an, gefunden zu haben, dass nach der Vagussection die Absonderung eines ächten Magensaftes aufhörte und durch die Secretion eines zähen Stoffes neutraler Reaction ersetzt wurde, und dass demgemäss auch eine Verdauung nicht mehr statt fand. Der letzte behauptet sogar, gesehen zu haben, dass der Magensaft nach der erwähnten Operation eine *alkalische* Reaction angenommen hatte, und dass, wie zu erwarten, er auch nicht mehr die characteristische Eigenschaft besessen habe, Eiweiss aufzulössen und Milch zu coaguliren. Um diese beiden Ansichten von Bidder und Schmidt einerseits, Bernard und Pinkus andrerseits gruppiren sich die anderen Physiologen älterer Zeiten und der jüngsten Vergangenheit, die sich mit diesem Gegenstand beschäftigt haben, wie Haller, Broughton, Leuret, Lassaigne, Frerichs, Panum und Brücke. Nur Longet macht davon eine Ausnahme;

---

*) Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel. S. 90 ff.

**) Bernard: de l'influence des nerfs de la huitième paire sur les phénomènes chimiques de la digestion; gazette medicale de Paris, année 1844. p. 354.

***) Pinkus: Experimenta de vi nervi Vagi et Sympathici ad vasa, secretionem tractus intestinalis et renum.

er leitet die nach der Vagustrennung beobachtete Verminderung der verdauenden Kraft des Magens von dem Mangel an Bewegung ab, die sich nach der Trennung des Vagus am Magen einstellen müsse. Indess sind die Versuche, auf welche die genannten Ansichten gestützt sind, manchen Ausstellungen fähig und darum nicht geeignet, den Streit zu schlichten. In Bezug auf Bidder's und Schmidt's Versuche kann gesagt werden, dass bei der von ihnen angewendeten Methode der Vagussection allzu bedeutende Störungen in dem Mechanismus der Respiration eingeführt würden, was von Nachtheil auch für andere Functionen sein und möglicher Weise auch den Vorgang der Verdauung berühren könne. Ueberdem kann man es für möglich halten, dass während des Verlaufes des Vagus durch die Brusthöhle sich Ganglien in oder an seine Fasern legen, welche seinen Einfluss auf die Verdauung mit bedingen helfen. Für Bernard's Versuche und die einiger anderer Forscher, wie z. B. Panum, kann man das Vertrauen zurückhalten, weil sie zweckmässiger Vervielfältigungen entbehren. Gegen die von Pinkus angestellten Experimente lässt sich, obschon dabei die Respirationsstörungen dadurch vermieden worden sind, dass der Verfasser die Vagi in der Nähe der Cardia durchschnitt, bemerken, dass die Eingriffe der Operation im Allgemeinen so heftig, speciell in Beziehung auf den Magen so eingreifend und die Dauer des hierdurch in hohem Grade gefährdeten Lebens so kurz war, dass es sehr gewagt erscheint, die nach diesen Umständen im Magen aufgefundene Flüssigkeit als einen nur durch den Wegfall der Einwirkung der Vagi auf die Absonderung bewirkten Magensaft anzusehen. Von diesen Einwendungen ist eine Untersuchung von Kritzler*) frei. Bei den bezüglichen Experimenten wurde die Durchschneidung der Lungenmagennerven gleichfalls in der Nähe der Cardia vorgenommen, durch Uebung der Operation aber und sorgsame Pflege der operirten Thiere wurde es dahin gebracht, dass die Thiere sich bald von den Folgen der Operationseingriffe erholten und so dem Magen Gelegenheit gegeben wurde, sich von den ihm während der Operation zugefügten Misshandlungen zu erholen. Die Thiere überlebten die Operation Tage und Wochen lang und wurden zu beliebigen Zeiten, nachdem man ihnen einige Stunden vorher Nahrung gereicht hatte, getödtet. Bei allen fand man: eine *deutlich saure Reaction des Magensaftes, die aufgenommenen Nahrungsmittel in dem der Zeit der Einführung entsprechenden Verdauungsstadium und die Chylusgefässe in einer Ausdehnung gefüllt*, wie man es der Zeit der Verdauung nach erwarten konnte. Zu den-

*) Kritzler: Ueber den Einfluss des Nervus vagus auf die Beschaffenheit der Secretion der Magensaftdrüsen und die Verdauung. Giessen 1860.

selben Resultaten kam auch Schiff *) unabhängig von dieser Untersuchung.

8. Es ist auch behauptet worden, dass das *Gefühl des Hungers und Durstes* durch den Nervus vagus vermittelt werde. Die Experimentalphysiologie hat keine besondere Veranlassung, diese Behauptung auf ihre Wahrheit oder Unwahrheit zu prüfen; denn man sieht auf der Stelle ein, dass Hunger und Durst zwei Empfindungen sind, auf deren Existenz oder Fehlen bei Thieren man mit Sicherheit nicht aus der Aufnahme oder Verweigerung von Nahrung und Getränk schliessen kann, dass uns also die Mittel fehlen, befriedigende Schlussfolgerungen aus den an Thieren angestellten Experimenten zu ziehen. Wir müssen also warten, bis einmal zufällig beim Menschen eine Vagusverwundung vorkommt. Die vorsichtige Benutzung und Discussion eines solchen Falles könnte zu einigen Aufschlüssen führen, obschon man auch hier wieder auf allerlei Bedenklichkeiten stossen wird. Als ein Factum aber können wir erwähnen, dass Thiere, denen die Vagi in der Nähe der Cardia durchschnitten, welche also am Verschlucken nicht gehindert sind, Nahrung und Getränk, wie gewöhnlich, zu sich nehmen, sobald sie sich nur von den Folgen der Operation erholt haben. Wenn man das Fressen dieser Thiere als ein sicheres Zeichen ihres Hungers annehmen könnte, würden diese Erfahrungen zum mindesten beweisen, dass nicht die *Magenäste* des Vagus das Hungergefühl ausschliesslich vermitteln. Ebenso ist es bekannt, dass bei der Vagussection am Halse, wenn die ersten Folgen der Operation vorüber sind und die nachfolgenden Veränderungen der Lungen nicht allzu rapid vorschreiten, die Thiere wieder zu fressen beginnen. In der Regel gelangt aber von der Nahrung Wenig oder gar Nichts in den Magen, indem der gelähmte Oesophagus dieselbe nicht abwärts befördern kann; sie wird daher, wenn der obere Theil des Schlundes voll ist, wieder ausgeworfen und nicht selten von neuem verschlungen. Man hat derartige Erfahrungen wohl früher für die Meinung herbeigezogen, dass auch das *Sättigungsgefühl* durch den Vagus vermittelt werde, welches jetzt mit der Durchschneidung dieses Nerven verloren gegangen sei. Da aber, wie man sich bei Thieren mit Magenfisteln überzeugen kann, bei dieser scheinbaren Unersättlichkeit Nichts in den Magen kommt, so ist augenscheinlich hier von einem Beweise jener Meinung keine Rede. Ebenso kann man aus denselben Versuchen, natürlich gleichfalls unter der eben gemachten Voraussetzung, schliessen, dass das Hungergefühl nicht an die Integrität unterhalb der

*) Schiff: Neue Untersuchungen über den Einfluss des Nervus vagus auf die Magenthätigkeit. Schweiz. Monatschrift für prakt. Medicin. Nr. XI u. XII. 1860.

Trennungsstelle gelegenen *Schlundäste* des Vagus geknüpft sei. Aus der Mittheilung aber der hauptsächlichsten, den in Rede stehenden Punkt betreffenden Thatsachen und den dazu gemachten Bemerkungen ergiebt sich unmittelbar die Rechtfertigung der Eingangs dieser Nummer gemachten Bemerkung. Es kann zufolge derselben nur gesagt werden, dass mit *grosser Wahrscheinlichkeit* das Hunger- und Sättigungsgefühl keine Functionen der Lungenmagennerven sind. Unterstützt wird diese Wahrscheinlichkeit noch durch den Umstand, dass die erwähnten Gefühle nicht scharf localisirt sind, sondern mehr Aehnlichkeit mit den Empfindungen von allgemeinen Körperzuständen, wie Müdigkeit, Unwohlsein etc. haben. Man hat sich bei der Vertretung dieser Meinung auch wohl noch auf andere Thatsachen berufen, wie z. B. auf das Verschwinden des Hungergefühls bei Einführung von Nahrung auf anderen als den Verdauungswegen, den Mangel von Hungergefühl in Krankheiten bei leerem Magen etc. Wir dürfen aber hier mit der Aufzählung solcher Thatsachen nicht fortfahren, da wir sonst unserem Vorsatz untreu werden, für die abzuhandelnden Lehren möglichst überzeugende Beweise beizubringen.

9. *Der Ramus auricularis Nervi vagi* steht in reflectorischer Beziehung zu den Gefässen des Ohrs. Diese Thatsache wurde zuerst durch Snellen *) festgesetzt. Er zeigte, dass eine schmerzhafte Reizung des centralen Stumpfes des genannten Vagusastes zunächst eine Verengerung, dann eine Erweiterung der Arterien des Kaninchenohres bedingt. Durch jenen Beobachter wurde auch der Beweis erbracht, dass das ganze Phänomen eine reflectorische Erscheinung sei, bei deren Zustandekommen ausser jenem Nerven sich noch das verlängerte Mark und von dem Halsstamm des Sympathicus zu den Ohrgefässen gehende Zweige betheiligen. Nach der Durchschneidung des Sympathicus am Halse tritt bei Reizung des erwähnten Stumpfes die Erscheinung nicht ein. In neuerer Zeit hat Lovén diese Versuche in Ludwig's Laboratorium wiederholt. Er bestätigte Snellen's Angaben und suchte dann weiter Aufklärung über den Zusammenhang zwischen der anfänglichen Verengerung und der spätern Erweiterung der Arterien. Wenn es ihm auch nicht vollständig gelungen ist, denselben aufzudecken, so hat er doch mehre Thatsachen gefunden, welche der scheinbar nahe liegenden Mei-

*) Snellen: De in vloed der zenuwen op de ontsteking proefondervin delijk getoetst. Dissertatio, Utrecht 1857.

**) Lovén: Ueber die Erweiterung der Arterien in Folge einer Nervenerregung. Berichte der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften. Mathematisch-Physische Classe. 30. Mai 1866.

nung, dass die Erweiterung eine Folge der Ermüdung des Sympathicus sei, nicht günstig sind. So fand er, dass keine Proportionalität zwischen der Erweiterung und vorhergehenden Verengerung besteht, dass es ferner Fälle giebt, in denen gar keine Verengerung vorhergeht und noch andere, bei denen der Erweiterung eine Verengerung folgte. Dieser Gegenstand bedarf einer weiteren Bearbeitung.

§. 24.

Physiologie des Nervus hypoglossus und Nervus accessorius.

Der *Nervus hypoglossus* ist wesentlich motorischer Natur. Folgende Muskeln sind von ihm aus in Bewegung gesetzt worden: *styloglossus, hyoglossus, genioglossus, lingualis, thyreohyoideus, sternohyoideus, sternothyoreoideus* und *omohyoideus.* Ueberdiess schliesst er auch sensitive Fäden ein. Ein Theil derselben fliesst ihm entschieden aus fremden Quellen, den obersten Halsnerven und dem Trigeminus, zu. Eine andere Frage ist's, ob er solche auch schon in seinem Ursprung enthalte. Auf experimentellem Wege ist zur Zeit noch nicht darüber entschieden und auch von Seiten der Anatomie sind bis jetzt keine beweisenden Gründe zur Entscheidung in dieser Angelegenheit beigebracht worden. Man kennt zwar bei wenigen Thieren an einigen Fäden dieses Nerven ein kleines Ganglienknötchen *), und könnte hieraus, da es eine Beobachtung ist, dass an sensitiven Fäden viel häufiger Ganglienknoten, als an motorischen angetroffen werden, einen Wahrscheinlichkeitsgrund für die Voraussetzung entnehmen, dass einige der Wurzelfäden des Nervus hypoglossus bereits sensitiver Natur seien. Doch erbringen wir mit dieser Bemerkung keinen vollgiltigen Beweis. Die Function des Ramus cardiacus dieses Nerven ist unbekannt.

Aus der anatomischen Thatsache, dass der Nervus vagus in ein Ganglion tritt, dagegen der Nervus accessorius daran vorbeigeht, hierauf aber beide Nerven mit einander in Verbindung treten, hat eine voreilige Betrachtung eine Nichts sagende Analogie beider Nerven mit einem Rückenmarksnerven, wobei man den Vagus als sensible und den Accessorius als motorische Wurzel ansah, abgeleitet. Bischoff und Reid haben gezeigt, dass der Vagus bereits in seinen Wurzeln motorische

---

*) Luschka: Die sensitiven Zweige des Zungenfleischnerven des Menschen. Müller's Archiv. 1856. S. 62.

Fäden führt, und Dies allein reicht schon hin, von der weiteren Verfolgung jener Analogie abzustehen.

Die Wurzelfäden des *Nervus accessorius* anlangend, so ist von ihnen zu bemerken: a) dass sie in Beziehung zum Rhythmus der Herzbewegung stehen sollen. Dieser Punkt ist bereits S. 201 ff. besprochen worden. b) dass über die motorischen Elemente dieses Nerven keine Uebereinstimmung unter den Angaben der verschiedenen Forscher besteht, welche sich mit diesem Gegenstand befasst haben. Bezüglich der Innervation der Mm. sternocleidomastoideus und cucullaris durch den Accessorius herrscht zwar Uebereinstimmung, jedoch nicht über den Rest der bewegenden Elemente. Einige Forscher behaupten, dass der Nervus accessorius auch die *Kehlkopfmuskeln* beherrsche. Zuerst war es Bischoff *), welcher durch Trennung der Wurzelfäden nach eröffnetem Rückenmarkskanale diese Function des Accessorius zu beweisen suchte. Obschon er bei seinen Versuchen mit den bereits oben S. 202 erwähnten Blutungen vielfach zu kämpfen hatte, gelang es ihm doch, bei einer Ziege nachzuweisen, dass nach der Durchschneidung der Wurzelfäden der Beinerven die Stimme rauher wurde. Longet **), Bernard ***) und Valentin †) haben sich zufolge eigener Versuche dieser Lehre angeschlossen. Longet adoptirte Bischoff's Verfahren, Bernard und Valentin dagegen rissen den Nerven von aussen her aus. Bernard will noch die Beobachtung gemacht haben, dass die der Zusammenziehung der Kehlkopfmuskeln vorstehenden Fasern vorzugsweise in den oberen Wurzelfäden gelegen seien. Volkmann ††) und van Kempen †††) sind anderer Ansicht. Der Erste beruft sich auf unzweideutige Versuche, welche er an enthirnten Hunden anstellte und welche ergaben, dass nach der Durchschneidung des Beinerven die Bewegungen des Kehlkopfes ungestört fortdauerten. Der Letzte stellte seine Versuche an

---

*) Bischoff: Nervi accessorii Willisii anatomia et physiologia. Heidelbergae 1832.

**) Longet: Récherches expérimentales sur les fonctions des muscles du larynx et sur l'influence du nerf accessoire de Willis dans la phonation. Paris 1841.

***) Bernard, in den Archives générales de Médicine. Paris 1844. Avril et Mai.

†) Valentin: Lehrbuch der Physiologie des Menschen. 2. Aufl. II. Bd. 2. Abth. S. 412.

††) Volkmann: Artikel „Nervenphysiologie" in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. II. S. 590.

†††) E. M. van Kempen: Nouvelles récherches sur la nature fonctionelle des racines du Nerf pneumogastrique et du Nerf spinal. Bruxelles 1863. Journal de physiologie. Tome VI. 1863. p. 284—305. Bulletin de l'academie de Med. de Belgique. 1862. p. 668—678. 1863. p. 182—192.

frisch getödteten Thieren an und bediente sich dabei nur der mechanischen Reizung. An Kaninchen durchschnitt er das verlängerte Mark an der Grenze der Ursprungsfäden des Accessorius und Vagus. Die Reizung der oberen Hälfte lieferte Verkürzungen des Schlundkopfes, der Speiseröhre und der Kehlkopfmuskeln, die der unteren dagegen solche des Cucullaris und Sternocleidomastoideus. Ich selbst habe diesen Gegenstand niemals geprüft und muss mich also hier rein referirend verhalten. Sollten sich van Kempen's Angaben bestätigen, so sind der S. 191 gegebenen Uebersicht der vom Vagus versorgten Muskeln noch die Kehlkopfmuskeln zuzufügen. c) dass seine Sensibilität sehr gering ist, vielleicht ihm ganz und gar abgeht. Bernard und van Kempen ertheilen ihm Empfindlichkeit und der erste giebt weiter von ihr an, dass sie vorzugsweise an den am weitesten nach oben entspringenden Fasern ausgeprägt sei. Andere Forscher sind über diesen Punkt zweifelhaft und machen auf die Gefahr aufmerksam, welcher man beim Experimentiren durch die sehr empfindliche Medulla oblongata ausgesetzt ist.

§. 25.

Physiologie des Rückenmarks.

Die Leitungsgesetze des Rückenmarks. Die in den zu dem Rückenmark hinführenden sensibeln und in den davon wegführenden motorischen Nerven erzeugten Innervationsvorgänge pflanzen sich innerhalb des Rückenmarks auf Wegen fort, deren Verlauf erfahrungsgemäss gewissen Anordnungen folgt. Unbekümmert darum, ob auf diesen Bahnen die Innervationsvorgänge stets an die Continuität der Nervenfasern geknüpft sind oder nicht und weiterhin vorerst davon absehend, ob den Innervationsvorgängen während ihrer Fortpflanzung durch das Rückenmark hin gewisse Eigenschaften zugefügt werden oder nicht, beschäftigen wir uns jetzt ausschliesslich damit, das Gesetzmässige in dem Verlaufe jener Wege darzustellen. Dabei werden zunächst nur die *willkührlichen* motorischen Erregungen und die *bewussten* Empfindungen in Betracht gezogen. Das Experiment und die microscopische Anatomie haben beide Antheil an der Ausmittelung der bis jetzt über diesen Punkt bekannten Thatsachen. Man sollte meinen, dass, da es sich hier um Functionen eines verhältnissmässig grossen Gebildes und ebenso um verhältnissmässig wenige und einfache Fragen handelt, Nichts leichter sein müsste, als eine befriedigende Zeichnung von den Wegen zu entwerfen, um die es sich hier handelt. Leider ist dem nicht so. Eine Durchsicht der auf diesen Gegenstand bezüglichen Arbeiten führt den Leser auf einen Zustand von Verworrenheit und Widersprüchen, aus welchem kaum

herauszukommen ist. Wir werden uns daher im Folgenden bemühen müssen, nur diejenigen Resultate zu verzeichnen, welche bei den bessern Beobachtern zumeist wiederkehren, diejenigen aber, welche durch Beobachtungen gewonnen wurden, deren Methoden entweder gar nicht, oder nur unvollkommen mitgetheilt oder augenscheinlichen Einwürfen ausgestellt sind, in den Hintergrund treten zu lassen.

Das Bemühen, den Verlauf der Wege für die beiden genannten Vorgänge durch das Rückenmark hindurch zu erforschen, beginnt in ernster Weise erst mit Ch. Bell, bei welchem es offenbar mit seiner Entdeckung über die verschiedene Function der beiden Nervenwurzelarten zusammenhängt. In dem zweiten und dritten Decennium dieses Jahrhunderts wurde derselbe Gegenstand, jedoch verhältnissmässig unfruchtbar, von Magendie, Schoeps und Rolando weiter geführt. Mit dem Anfang des vierten unternahm Longet eine grössere dahin einschlagende Untersuchung. Wer historisches Detail liebt, findet das hieher gehörige bis zu diesem Zeitpunkt von Longet in dem unten citirten Werke gut zusammengestellt *). Schon einige Jahre früher hatte van Deen *) ähnliche Untersuchungen angestellt. Sie wurden aber erst im Anfange der 40er Jahre ausgebreiteter bekannt. Diesen folgten in demselben Decennium die Arbeiten von Stilling ***) und Eigenbrodt †). Ihnen reihen sich von dem vorigen Jahrzehend namentlich die Arbeiten von Türk ††), Brown-Sequard †††) und v. Bezold an. Die angewendeten Methoden sind von sehr verschiedenem Werth, überdies aber die guten Seiten mancher von ihnen durch wenig umsichtige Kritik im einzelnen Fall oft sehr beeinträchtigt. Wir werden Gelegenheit haben, den Werth einzelner derselben zu würdigen. Unter den am sichersten ausgemittelten Thatsachen haben wir nun zu erwähnen:

1. *dass die willkührlich motorischen und bewussten sensitiven Vorgänge während ihres Verlaufs durch das Rückenmark nicht sämmtlich auf der Seite verbleiben, auf der sie erregt wurden, sondern an irgend welchen*

---

*) Longet: Récherches experimentales sur les propriétés et les fonctions des faisceaux de la moelle épinière et des nerfs rachidiennes. Paris 1841.

**) van Deen: Traités et découvertes sur la physiologie de la moelle épinière. Leide 1841.

***) Stilling: Untersuchungen über die Functionen des Rückenmarks und der Nerven. Leipzig 1842.

†) Eigenbrodt: Ueber die Leitungsgesetze im Rückenmark. Giessen 1849.

††) Türk: Sitzungsberichte der Wiener Academie. 1851.

†††) Brown-Sequard: Gaz. méd. de Paris. 1854. 1855, revue méd. 1856.

Stellen die von vorn nach hinten durch die Mitte des Rückenmarks gelegt gedachte Ebene überschreiten. Man muss diesen Satz den folgenden Erfahrungen gemäss behaupten. Bei einseitigen Lähmungen der Muskeln und dem Verschwinden des Gefühls ergeben sich, falls die Ursache davon eine cerebrale ist, die Läsionen in Hirntheilen der *entgegengesetzten* Seite, insbesondere in denen, die schon oben bei der Physiologie des Gehirns namhaft gemacht wurden. Zunächst beweisst nun zwar diese Erfahrung nur, dass Kreuzung der Innervationsvorgänge statt findet; über den Ort derselben entscheidet sie nicht. Dieser kann im Gehirn oder Rückenmark, oder in beiden Theilen liegen. Besondere, am Rückenmark angestellte Durchschneidungsversuche beweisen, dass an diesem Kreuzungen der Innervationsvorgänge vorkommen. Dass ausser ihnen noch solche im Gehirn liegen können, wird damit nicht geläugnet. In der That sprechen verschiedene Umstände dafür, dass solche auch hier existiren. Dahin zählen: die Kreuzungen verschiedener Hirnnerven, das Uebertreten von Nervenfasern aus einer Hälfte der Brücke in die andere etc. Ich setze einige der besseren Versuchsreihen hierher. Zuvor sei jedoch noch bemerkt, dass für die Erörterung des Theils unserer Behauptung, welcher sich auf die Empfindung bezieht, sich nur höhere Wirbelthiere, namentlich Säugethiere, eignen. Bei Fröschen sind die Aeusserungen über erhaltene Empfindungen viel zu dunkel und unbestimmt, um zu so wichtigen Schlüssen benutzt werden zu können. Entsprechend dieser Ueberzeugung nehme ich nur auf Versuche an Säugethieren Rücksicht, wenn es sich um Empfindungserscheinungen handelt. Entscheidend für den aufgestellten Lehrsatz sind die Erfolge, welche van Deen, Stilling, Eigenbrodt, Brown-Sequard, Oré und Andere bei Durchschneidung einer Seitenhälfte des Rückenmarks beobachtet haben. Bezüglich der willkürlichen Bewegungen sahen sie bei Fröschen und Hunden, bezüglich der Empfindung bei letzteren, dass auf der kranken Seite in Theilen, deren Nervenwurzeln nicht allzu dicht in der Nähe des Schnittes entsprangen, noch willkührliche Bewegung resp. Gefühl, obgleich mehr oder weniger, in manchen Fällen jedoch gar nicht, beeinträchtigt, vorhanden waren. In Bezug auf das Gefühl haben spätere Forscher, namentlich Brown-Sequard und Türk, die Abnahme des Gefühls auf der gesunden Seite unterhalb des Schnittes bestätigt, für die kranke Seite dagegen sogar eine kürzere oder längere Zeit andauernde Hyperästhesie beobachtet. Dies alles beweist, dass Empfindungs- und Bewegungsfasern von der einen Seitenhälfte des Rückenmarks *unterhalb* der angelegten Rückenmarkswunde auf die verletzte Seite hinüber treten müssen oder, etwas vorsichtiger ausgedrückt, da noch nicht erwiesen ist, dass die genannten Innervationsvorgänge an den continuirlichen Faserlauf

nothwendig gebunden sind, dass die ersteren ihre Wege von der gesunden Seite unterhalb des Schnittes hinüber nach der kranken genommen haben müssen. Entsprechend diesem Uebergang von der einen zur andern Seite hat man auch beobachtet, dass auf der gesunden Seite Störungen in den willkührlichen Bewegungen vorkamen. In manchen Versuchen indess, wie z. B. in den von v. Bezold *) an Fröschen angestellten, ergaben halbseitige Durchschneidungen, selbst wenn sie am obersten Ende des Markes ausgeführt wurden, keine Störungen in den Bewegungen auf der gesunden Seite. Solche Erfahrungen sprechen aber nicht *gegen* die Thatsache, dass überhaupt ein Uebertritt von Innervationsvorgängen von der einen zur anderen Seite statt findet; denn es wird nicht behauptet, dass *sämmtliche* ein Glied betreffende Innervationsvorgänge sich kreuzten. Indem wir durch die vorsichtig gewählte Form unseres Satzes neben den sich kreuzenden Innervationswegen auch gleichzeitig noch das Bestehen nur in einer Seitenhälfte verlaufender zulassen, kann die Zahl der durch den halbseitigen Schnitt für die entgegengesetzte Seite zerstörten Wege merklich gering ausfallen gegen die Zahl der auf der letzteren ohne Kreuzung verlaufenden. Auch ist es bei den zahlreichen Anastomosen der Nervenfasern untereinander mit Hilfe der Ganglienzellen nicht ungedenkbar, dass die auf einer Seite ohne Kreuzung verlaufenden Innervationswege in die von der anderen Seite herübergekommenen einmünden, und vicarirend diese innerviren, wenn sie auf der anderen Seite oberhalb der Einmündungsstelle durch einen Schnitt unterbrochen sind. Ebenso wenig spricht auch das Fehlen von merklicher Lähmung der Glieder nach einer Längstheilung des Rückenmarks, welche die Commissuren zerstört, gegen das Bestehen von Kreuzungen der Innervationswege; die Begründung dafür liegt in den eben zuletzt erwähnten Ausführungen. Wir können mit dieser physiologischen Erfahrung das anatomische Factum in Zusammenhang bringen, dass, wie Eigenbrodt und Kölliker zuerst nachgewiesen haben, in den Commissuren Faserkreuzungen bestehen, wodurch *zugleich* die Annahme, dass die Innervationsvorgänge im Rückenmark an die Continuität der Fasern geknüpft sind, mehr Wahrscheinlichkeit erhält.

2. *Die weissen Vorderstränge führen nur motorische, keine sensitiven Vorgänge.* Die isolirte Durchschneidung der Vorderstränge in dem Sinne, wie ihn die descriptive Anatomie nimmt, ist eine Unmöglichkeit; nur annäherungsweise lässt sich dies erreichen. Dabei, sowie auch bei dem Einstechen mit Nadeln in dieselben auf Tiefen, welche ohngefähr

*) v. Bezold: Ueber die gekreuzten Wirkungen des Rückenmarks. Siebold's und Kölliker's Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. Bd. 9. 1858. S. 305.

der Dicke der Vorderstränge entsprechen, beobachtet man keine Erscheinungen, welche auf die Anwesenheit von Empfindungselementen hindeuteten. Dagegen begegnet man Lähmungserscheinungen, welche natürlich von der Grösse der Verletzung und der Entfernung der geprüften Theile von dem Schnitt abhängen. In letzterer Beziehung sind sie um so weniger bemerkbar, je entfernter der Schnitt nach aufwärts von dem in Betracht gezogenen Theile liegt, welche Erfahrung offenbar mit der Thatsache der Kreuzung in der Weise im Zusammenhang gedacht werden kann, dass dann auf eine grössere Strecke die motorischen Vorgänge von der gesunden Seite auf die kranke unterhalb des Schnittes herüber treten können. Die *Empfindungslosigkeit* der vorderen Stränge, sowie ihren Einfluss auf die Bewegung haben Longet, Stilling, Eigenbrodt und Türk beobachtet. Die vorderen Stränge für gemischt zu halten, liegt kein genügender Grund vor; denn die Schmerzensäusserungen, welche bei Anwendung von Electricität, etwa gar in der Form von Inductionsströmen, auf diese Theile beobachtet worden sind, haben keine Beweiskraft, indem der Nachweis nicht geführt werden kann, dass solche Reize sich nicht auf sensitive Fasern ausgebreitet haben.

3. *Die hinteren Stränge des Rückenmarks leiten nur sensitive Vorgänge.* Auch hier muss man es mit dem Worte Stränge nicht allzu genau nehmen, indem in der Tiefe ihre Abgrenzung von dem Seitenstrang bei Experimenten nur unsicher angegeben werden kann. Alle Beobachter stimmen nun darin überein, dass, wenn man bei Säugethieren, namentlich Hunden, das Rückenmark blosslegt, durchschneidet und dann an der oberen Durchschnittsfläche des Hinterstranges mechanische Reize einwirken lässt, oft die Thiere durch lautes Aufschreien die Existenz von Schmerzen verrathen. Entsprechend dieser Erfahrung geben viele Beobachter auch Störungen in der Sensibilität in unterhalb der Schnittfläche gelegenen Theilen an. Hiermit steht es nicht im Widerspruch, wenn einzelne Beobachter *) angeben, dass Durchschneidung der Hinterstränge keinen erheblichen Einfluss auf den Zustand der Sensibilität hätten, denn Alles wird wesentlich darauf ankommen, wie weit unterhalb des Schnittes die Nerven der geprüften Theile ihren Ursprung nehmen, da es hiervon abhängt, ob mehr oder weniger sensitive Fasern aus der gesunden Hälfte des Rückenmarks in den Theil unterhalb des Schnittes herübertreten. Etwaige Bewegungen, welche bei Durchschneidung der Hinterstränge auftreten, beweisen nicht, dass sie motorischen Vorgängen dienen, da jene reflectirte sein können. Nur Lähmungserscheinungen in unterhalb

*) Türk: Ergebnisse physiologischer Untersuchungen über die einzelnen Stränge des Rückenmarks. Sitzungsberichte der Wiener Academie. VI. Bd. S. 427. 1857.

des Schnittes liegenden Theilen würden hier entscheidend sein. Diese sind aber bis jetzt nicht beobachtet.

4. *Die seitlichen Stränge sind gemischt.* Insoweit sich an ihnen, als von den Vorder- und Hintersträngen trennbaren Theilen, experimentiren lässt, ist dies das bei den meisten Forschern vorkommende Resultat. Besonderer Werth ist kaum auf diesen Punkt zu legen, da hinlänglich scharfe Grenzen für diesen Strang, namentlich auch gegen die Tiefe hin, fehlen.

5. Ueber die Leitung der *grauen* Substanz lassen sich keine entscheidenden Versuche anstellen. Bei Querschnitten durch das Rückenmark wird die Grenze zwischen grauer und weisser Substanz so verwischt, dass man keinen ordentlichen Reizversuch anstellen kann. Aber selbst wenn dies möglich wäre, liesse sich nur über die Empfindungswege Etwas ausmitteln, da über die Natur etwaiger Bewegungen, ob Reizbewegungen oder Reflexbewegungen, wegen des gleichzeitigen Vorkommens von Fasern und Ganglienzellen nicht würde entschieden werden können. Wir sind daher für diesen Theil des Rückenmarks auf pathologische Erfahrungen angewiesen. Was aber bisher an genauen microscopischen Untersuchungen erkrankter Rückenmarke mit sorgfältiger Beobachtung der Erscheinungen am Lebenden bekannt geworden ist, umfasst leider keine *reine* Erkrankung der grauen Substanz; es war dabei die weisse Substanz stets mehr oder weniger mit erkrankt. Doch sind bisweilen die Fälle der Art, dass die graue Substanz vorzugsweise und in einer Ausdehnung betroffen war, dass man die während des Lebens beobachteten Erscheinungen nicht gut allein auf die Zerstörungen in der weissen Substanz beziehen kann und wir uns also veranlasst sehen, anzunehmen, dass die Empfindungs- und Bewegungsvorgänge auf keinen Fall nur auf die weissen Stränge des Rückenmarks angewiesen sind *).

Man sieht aus dieser Darstellung, welche die Hauptsache der Angaben enthält, in Bezug auf welche die meisten Forscher übereinkommen, wie mangelhaft unsere Kenntniss noch von dem so eben behandelten Gegenstand ist, und dass namentlich Nichts über den Verlauf motorischer und sensitiver Vorgänge auf grössere Strecken hin bekannt ist. Es dürfte auch in nächster Zeit keine Aussicht auf einen beträchtlichen Fortschritt auf diesem Gebiete vorhanden sein. Selbst wenn es der microscopischen Anatomie

---

*) Unter den hierher gehörigen Beobachtungen zeichnen sich die von Clarke microscopisch untersuchten Fälle aus. Vergl. z. B. J. Lockhart Clarke: Investigation of the nervous centres with comments, zu einem von Dr. Thudichum beobachteten Krankheitsfall: A case of rapid wasting palsy from structural disease of the spinal cord. Beale's Archives of Medicine. Vol. IV. p. 26. and 31.

gelänge, tiefer in den Faserverlauf des Rückenmarks einzudringen, so werden doch die darauf zu basirenden Schlüsse, wenn sie sich gesondert auf Gefühl und Bewegung beziehen sollen, wegen der Existenz der Reflexbewegungen sehr unsicher bleiben müssen. Zwar hat man durch die Behandlung der Frage, ob die Nerven, welche wir mit dem Rückenmark in Verbindung sehen, von diesem ihren Ursprung nehmen oder in ihm continuirlich bis zum Gehirn in die Höhe steigen, versucht, den erwähnten Mangel zu decken; allein weder die Fassung der Frage, noch die Art, wie man sie zu lösen versuchte, haben irgendwie einen erheblichen Gewinn gebracht. Die erstere anlangend, so legte man zur Entscheidung einfach die Alternative vor, ob die Nervenfasern cerebralen oder medullaren Ursprungs seien, und vergass dabei, dass es auch möglich ist, dass die Nervenfasern bei ihrem Eintritt ins Rückenmark mittelst der Ganglien mannigfache Verknüpfungen untereinander eingehen können und dann kaum von einem cerebralen und medullaren Ursprung einer Nervenfaser gesprochen werden kann, sowie ferner, dass es keine Nothwendigkeit ist, sich die Fortpflanzung von Innervationsvorgängen lediglich an Fasern geknüpft zu denken. Nicht minder unbefriedigend war die Art, wie man jene Frage zur Entscheidung zu bringen suchte. Man verglich die wirklichen Formen und Dimensionen des Rückenmarks mit denen, welche das Halsmark zeigen müsste, wenn man sämmtliche, der Dicke nach gemessenen Nervenwurzeln in demselben in die Höhe steigen liess und übersah, dass eine Uebereinstimmung oder Nichtübereinstimmung des Wirklichen mit dem Abgeleiteten auch auf andere Art, als durch die gemachte Voraussetzung herbeigeführt werden könnte. Selbst einzelne physiologische Erscheinungen, welche man anzog, wie z. B. die noch fortbestehende Bewegung der Lymphherzen nach der Decapitation der Thiere oder das gänzliche Fehlen oder der nichttetanische Character von Bewegungen bei mechanischer Reizung des obersten Endes des Rückenmarkes, waren nicht geeignet, die Frage nach der einen oder anderen Seite hin zu entscheiden, indem sie noch auf andere Weise erklärbar waren, als die enge Alternative vorschrieb.

Die obigen Mittheilungen über die Wege, auf welchen die Empfindungs- und Bewegungsvorgänge im Rückenmarke einherschreiten, bedeuten also kaum mehr, als die ersten rohen Anfänge auf diesem Gebiete. Wir müssen auf diese Unvollkommenheit um so nachdrücklicher aufmerksam machen, als auch sonst noch *Erscheinungen* gekannt sind, welche andeuten, dass Ort und Natur jener Leitungsvorgänge noch sorgfältigerer Aufklärung bedürfen. Hierher gehört namentlich die Erfahrung, dass die *directe* Reizung der Rückenmarkssubstanz mehrfach ohne allen Einfluss auf Ge-

fühl und Bewegung gefunden worden ist. Ueber diesen Punkt ist zunächst Folgendes zu berichten. Schon im Jahr 1841 machte van Deen *) darauf aufmerksam, dass bei Fröschen Reize, welche das *Rückenmark* und nicht die Nervenwurzeln treffen, weder Empfindungen noch Bewegungen auslösen. Schiff **) bestätigte diese Angaben für gewisse Stellen des Rückenmarks vom Kaninchen, nämlich diejenigen, an denen, wie in der Gegend des Halses, die Nervenwurzeln ziemlich weit von einander liegen. In neuerer Zeit hat van Deen ***) denselben Gegenstand noch einmal untersucht, wobei er zu demselben Resultate gelangte, und endlich sind in neuester Zeit diese Angaben abermals und zwar von Guttmann †) für richtig befunden worden. Es wird sich bei weiteren Untersuchungen darum handeln, aufzuklären, woher es komme, dass, obschon sich die Empfindungs- und Bewegungsvorgänge in den hintern und vorderen Theilen des Rückenmarks bewegen (denn dieser Satz kann wohl im Grossen und Ganzen als gesichert betrachtet werden), doch bisweilen directe Reizungen dieser Theile diese Vorgänge nicht zu erzeugen vermögen. Von einer Mittheilung der verschiedenen Vorstellungen, welche man sich zur Zeit über das gleichzeitige Bestehen dieser beiden sich scheinbar widersprechenden Thatsachen etwa machen kann, wollen wir jedoch hier abstehen, zumal sie doch nur den Character nicht geprüfter Hypothesen annehmen müssten. Ebenso ist die schon vorher erwähnte Angabe von Türk weiter zu verfolgen, nach welcher Durchschneidung der Hinterstränge keinen erheblichen Einfluss auf den Zustand der Sensibilität haben soll. Sie steht zwar mit der allgemeinen Angabe, dass die Hinterstränge vorzugsweise sensible Elemente führen, nicht geradezu in directem Widerspruch, ist aber doch mit Rücksicht auf die Empfindungslosigkeit des Rückenmarks gegen directe Reize wohl zu beherzigen, um die allgemeinen Sätze über die Leitungswege im Rückenmarke nicht allzu stabil werden zu lassen und der weiteren Ausbildung zu entziehen. Auch auf dem Gebiete der Pathologie gewonnene Erfahrungen sprechen dafür, dass die über die Leitung des Rückenmarks gäng und gebe gewordenen Sätze nur Bruchstücke von dem wahren Sachverhalte sind. In dem bereits citirten, von Thudichum

---

*) l. c.

**) Schiff: Physiologie des Nervensystems. 1859. S. 238.

***) van Deen: Moleschott's Untersuchungen. Bd. VI. und VII.

†) Guttmann: Ueber die Unempfindlichkeit des Gehirns und Rückenmarks für mechanische, chemische und electrische Reize. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. 1866. S. 134.

und Clarke behandelten Fall bestand während des Lebens keine wahrnehmbare Störung in der Sphäre des Gefühls, trotzdem, dass die hinteren weissen Stränge stark erweicht gefunden wurden *). Nehmen wir hinzu, dass eine directe Beobachtung der ein- und austretenden Nervenwurzeln die Fortsetzungen derselben wenigstens nicht sämmtlich in den weissen Strängen findet, so muss man schon zur Zeit anfangen, sich an die Vorstellung zu gewöhnen, dass die Innervationsvorgänge, obschon sie zeitweise durch die vorderen und hinteren Parthieen der weissen Rückenmarkssubstanz durchdringen und, da dies längs des ganzen Rückenmarks geschieht, jenen im Allgemeinen die oben erwähnten Charactere verleihen, in ihrem weitern Fortgang doch nicht auf diese Orte beschränkt bleiben, sondern ganz oder theilweise andere noch zu erforschende Wege verfolgen.

Das Rückenmark als Innervationsquelle. Wäre das Rückenmark weiter Nichts als eine dichte Zusammendrängung der Wege, auf welchen Innervationsvorgänge von und nach dem Gehirn laufen, so würde es nicht den Namen eines Centralorgans verdienen. Es rechtfertigt aber die letztere Bezeichnung durch den Umstand, dass es die Fähigkeit besitzt, Bewegungsarten, welche in gewissen Formen seine Bestandtheile erreichen, in andere Bewegungsformen in einer Weise umzusetzen, wie es die einfache Nervenfaser nicht vermag. Es besitzt, um sogleich die verschiedenen Arten seiner Thätigkeit in dieser Beziehung namhaft zu machen, *Automatie* und *Reflexion.* Die Betrachtungen über die *Automatie* des Rückenmarks knüpfen sich an die Darstellung des Materials, welches sich auf seine *seelischen Thätigkeiten* und die von ihm ohne *äusseren Anstoss ausgehenden Bewegungen* bezieht. Indem wir uns auf die ersteren einlassen, tritt uns sofort der Missstand entgegen, dass wir kein zuverlässiges Prüfungsmittel mehr auf die Existenz seelischer Thätigkeiten haben, sobald lediglich auf letztere aus den Bewegungen geschlossen werden soll, welche die an ein Versuchsobject herantretenden Reize der äusseren Welt an jenem hervorrufen; indem selbst Bewegungen von den seltsamsten und complicirtesten Beschaffenheiten keinen sicheren Schluss gestatteten, dass sie in Folge eines in Ueberlegung bestehenden Zwischengliedes zwischen Reiz und Bewegungen in der bestimmten Weise eingetreten sind. Es zeigt sich indess dieser Uebelstand am besten, sobald man die einzelnen hierher gehörigen Thatsachen zergliedert. Sie alle haben das gemein, dass sie in Bewegungsformen mit solchem Character bestehen, dass man denselben eine Berechnung unterlegen *kann.* Die wesentlichsten unter ihnen sind die

*) l. c. p. 45.

folgenden *). Hat man bei einem in Begattung befindlichen Froschmännchen das Rückenmark zwischen dem ersten und zweiten Wirbel durchschnitten, und reizt man dann einen Vorderfuss mit Essigsäure, so lässt das Thier los, um die Säure abzuwischen und hernach sein Weibchen oder auch einen anderen, ihm nahe kommenden Frosch wieder zu umfassen. Da man aber weiss, wie sehr die Verknüpfung der motorischen Nerven zu verschiedenen Bewegungsarten je nach den besonderen Zuständen des Rückenmarks wechseln kann, so kann angenommen werden, dass zur Zeit der lange andauernden Begattungsperiode sich Erregungsverhältnisse ausgebildet haben, welche für normal dem Thiere fremd sind, und in welche es, zeitweilig durch einen Reiz für andere Bewegungscombinationen angeregt, stets wieder noch für eine gewisse Zeit verfällt. Die scheinbare Zweckmässigkeit der Bewegung entscheidet Nichts; wir müssten sonst dem Herzen auch sensorielle Fähigkeiten, oder wie wir sie nennen wollen, zuschreiben. Da es übrigens in unserem Versuche dem Männchen gleichgiltig ist, ob es ein Weibchen erhascht oder nicht, so erträgt wohl die umarmende Bewegung, welche seine vorderen Gliedmassen ausführen, die vorhin berührte Deutung um so mehr. Ferner wird hervorgehoben, dass die Schwänze von Aalen und Salamandern, wenn man ihnen Feuer nähert, stets sich von diesem *wegwenden,* jedoch während der Krampfparoxysmen, welche man durch Gifte, z. B. schwefelsaure Strychninlösung erzeugt hat, die umgekehrte Bewegung ausführen. Der letztere Theil dieser Beobachtung soll übrigens nicht durchgängig richtig sein**), womit also der begünstigende Umstand wegfallen würde, dass in Zuständen, bei denen ein Wegfall oder eine Abnahme der psychischen Thätigkeiten statt fände, auch die fragliche für die Existenz der letzteren sprechende Erscheinung sich änderte. Es ist bekannt, dass bei Reizung eines Hauttheils nach Entfernung des Hirns, also den sogenannten Reflexbewegungen, zunächst die Muskeln *derselben* Seite in Bewegung gesetzt werden. Da aber dies in sehr vielen Fällen gleichfalls für gewisse Zwecke zu geschehen scheint, so würden auch sie hierher zu zählen sein. Hält man sich nun an diese Eigenschaft der Zweckmässigkeit, so kann nichts Besonderes darin gefunden werden, dass diese in einer Anzahl von Fällen durch Muskeln auf der gereizten Seite, in einer anderen durch solche der entgegengesetzten Seite herbeigeführt wird. Aber man kann nicht

---

*) Pflüger: Die sensoriellen Functionen des Rückenmarks der Wirbelthiere. Berlin 1853.

**) Auerbach: Ueber psychische Thätigkeiten des Rückenmarks. Günzburg's med. Zeitschrift. Bd. IV. Breslau 1853.

mit Sicherheit daraus schliessen, dass diesen Bewegungen aus einer bestimmten Absicht diese ausgewählte Form gegeben werde; es ist eben so zulässig, sich vorzustellen, dass es in Folge einer gewissen mechanischen Verknüpfung der Nerven untereinander geschehe. Ein letzter Versuch, den wir hier noch anführen wollen, ist folgender: Reizt man eine Stelle des Oberschenkels oder der Rückenhaut, so wird, wenn der Reiz nicht allzu heftig war, die benetzte Stelle mit dem Fusse derselben Seite abgeputzt. Wiederholt man aber den Versuch, nachdem man den Unterschenkel amputirt hat, so übernimmt der Fuss der entgegengesetzten Seite den Dienst. Abgesehen davon, dass dieser Versuch schwer anzustellen ist und zwar aus dem Grunde, dass zwei auf einander folgende Reize nicht leicht gleich stark zu machen sind, bei Ungleichheit des Reizes aber sehr leicht der auf einer Seite angebrachte stärkere Reiz Bewegungen auf der andern auslösst, so muss man bedenken, dass die *längere Fortdauer* des Reizes im letzteren Fall, wo er nicht sofort durch Abwischen entfernt wird, sich auf die andere Seite übertragen kann. Benutzen wir doch im alltäglichen Leben, wenn uns für die Entfernung eines uns genirenden Reizes die Anwendung einer Bewegung durch irgend einen Umstand versagt ist, nicht mit Ueberlegung, sondern zufolge eines innern Zwanges eine andere. Man sieht aus diesen Betrachtungen zum mindesten ein, dass die angeführten Thatsachen die Existenz psychischer Thätigkeiten des Rückenmarks durchaus nicht beweisen. Was mich bisher noch besonders gegen diese Lehre eingenommen hat, ist die Erfahrung, dass an Rückenmarkserkrankungen leidende Individuen nicht davon reden, dass ihnen irgend noch etwas Anderes mit dem Verlust des Gefühls und der Bewegung verloren gegangen sei. —

Indem wir sodann zur Behandlung der Frage übergehen, ob das Rückenmark insofern als eine Innervationsquelle fungire, dass es die Ursache von Muskelzusammenziehungen sei, ohne dass wir es dazu durch absichtlich eingeführte Reize anregen, was man also auch hier wieder kurz als die Frage nach dem Sitze *automatischer Bewegungsanregungen* in ihm bezeichnen kann, präsentirt sich uns zunächst die vielfach behandelte *Tonusangelegenheit.* Wir nehmen hierbei *Tonus* in dem Sinne aller Physiologen, wornach darunter eine etwaige, mässige Verkürzung der Muskeln verstanden wird, welche continuirlich und ohne Zuthun des Gehirns so lange von ihm unterhalten wird, als es noch im Besitz des Complexes der Eigenschaften ist, welche ihm auch am lebendigen Körper zukommen. *Giebt es einen Tonus dieses Centralorgans?* Dies ist die jetzt zu beantwortende Frage. In früheren Zeiten vertheidigte man die Existenz eines vom Rückenmarke ausgehenden Tonus theils durch den Hinweis auf die Erscheinungen, welche bei mehr oder weniger ausge-

breiteten Lähmungen, wie z. B. den Hemiplegien des N. facialis, N. hypoglossus, der die Bewegungen der Wirbelsäule beherrschenden Nerven, beobachtet werden, nämlich das Verzogensein der betreffenden Theile nach der gesunden Seite hin, theils durch Heranziehung von Beobachtungen, welche man zwar an allen Körpermuskeln, vorzugsweise aber an den Sphincteren der Blase und des Mastdarmes gemacht haben wollte, darin bestehend, dass nach der Zerstörung des Rückenmarks die Muskeln des Körpers im Allgemeinen einen geringen Grad von Spannung verloren hätten, welchen sie vorher noch zeigten, und dass die Sphincteren insbesondere zu dieser Zeit den Verschluss der bezüglichen Oeffnungen versagen sollten. Mit der Anwendung einer schärferen Kritik auf dem Gebiete der Physiologie sind diese Gründe nicht mehr für beweisend gehalten worden. Was die den einseitigen Nervenlähmungnn folgenden Erscheinungen betrifft, so können sie ebensogut Folge des ungleichen elastischen Zuges sein, der in Folge der Ernährungsstörungen in den gelähmten Theilen sich einstellen muss. Den Wegfall der geringen Contraction der Körpermuskeln im Allgemeinen und der Sphincteren im Besonderen anlangend, so kann das Vertrauen auf beide nicht besonders gross sein, da ohne besondere Messung es schwer ist, über die Länge eines Muskels Etwas auszusagen, ein Sphincter aber nachweislich auch ohne Einwirkung des Nervensystems, durch seine elastischen Kräfte nämlich, einen Verschluss ausübt, den vor und nach Zerstörung des Rückenmarks seinem Werthe nach zu bestimmen, nur solche Manipulationen mit ihm zulässt, welche seine elastischen Eigenschaften nicht ändern. Daher hat man dann auch in neuerer Zeit die beiden zuletzt erwähnten Punkte zum Gegenstande besonderer Studien gemacht. Einerseits also bestrebte man sich, durch genaue Messungen mit Hülfe eines Kathetometers die Länge eines Muskels vor und nach der Trennung seines mit dem Rückenmark in Verbindung stehenden Nerven zu bestimmen. Solche Messungen sind von Heidenhain *), *mir* selbst, Auerbach **) und in neuester Zeit von Schwalbe ***) ausgeführt worden, sämmtlich mit dem einstimmigen Resultat, dass sich auf diese Weise keine merkbare Verlängerung des Muskels nach Trennung seines Nerven vom Rückenmark erkennen lässt. Gegen einen Theil dieser Versuche, nämlich die von

*) Heidenhain: Historisches und Experimentelles über den Muskeltonus. Dessen physiologische Studien. I. S. 28.

**) Auerbach: Ueber die Natur des Muskeltonus. Jahresbericht der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur. Breslau 1856.

***) Schwalbe: Zur Lehre vom Muskeltonus. Pflüger's Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium zu Bonn. S. 64.

Heidenhain angestellten, kann man allenfalls einwenden, dass der Muskel zu stark belastet gewesen sei, so dass unter dem Einfluss des angehängten Gewichtes der Muskel von vorn herein so stark ausgedehnt worden sei, dass die Wirkung eines Tonus gar nicht habe zur Beobachtung kommen können, und dass ferner beim Durchschneiden des Nerven in Folge der dadurch entstehenden Zuckungen Veränderungen in der Länge hätten vorkommen können, welche gleichfalls hätten verhindern können, dass die Wirkung des Tonus zur Anschauung gekommen sei. Für einen anderen Theil jener Versuche jedoch sind derartige Bedenken nicht zulässig. In meinen eignen Versuchen war das Gewicht fast Null und zur Trennung des Nerven vom Rückenmark bediente ich mich der Essigsäure, welche auf den motorischen Nerven applicirt, diesen, ohne Zuckungen zu erregen, bald absterben lässt. Schwalbe hat den etwaigen Einfluss, welchen das Rückenmark auf die Muskeln in Form des Tonus ausübt, dadurch verhindert, dass er einen Strom von aufsteigender Richtung durch den Nerven leitete, welcher keine Zuckung erregt, aber Innervationsvorgänge an ihrer Fortpflanzung gegen den Muskel hin hindert. Bestand also jene Einwirkung des Rückenmarks, so musste der Muskel unter dem Einfluss des durch seinen Nerven gehenden Stromes länger werden, was indess, wie erwähnt, nicht statt fand. Zwar scheint damit die Frage nach dem Muskeltonus befriedigend gelösst zu sein; allein es kommen doch im Gebiete der Skeletmuskeln vor und nach der Trennung des Rückenmarks noch Erscheinungen vor, welche mit den eben angeführten Messungen nicht ganz im Einklang zu sein scheinen. Man *) hat nämlich beobachtet, dass, wenn man bei einem Frosche, dessen Rückenmark hinter dem verlängerten Mark durchschnitten ist, an der einen hinteren Extremität den N. ischiadicus durchschneidet, während die andere unversehrt bleibt, das am oberen Theile aufgehängte Thier *Unterschiede* in der Stellung seiner beiden hinteren Extremitäten zeigt. Auf der nicht operirten Seite nämlich bildet der Fuss einen grösseren Winkel mit der Medianlinie des Körpers und seine Zehen sind mehr gespreizt. Worin hat dies seinen Grund, wenn kein Muskeltonus existirt? Dafür lassen sich verschiedene Ursachen angeben. Ueberlegt man, dass die Hautnerven des Thieres zufolge ihrer Berührung mit der Atmosphäre und der Verdunstung auf der Haut fortwährend Erregungen ausgesetzt sind, und dass ein Gleiches für den frisch angelegten Querschnitt des Rückenmarks gilt; so könnte möglicher Weise jener Unterschied in der Stellung beider Beine auf diesen Um-

*) Brondgeest: Onderzoekingen over den Tonus der willekeurige spieren Academisch Proefschrift. Utrecht 1860. Ein Auszug davon im Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. 1860. S. 703.

stand bezogen und die Erscheinungen auf der Seite, deren Nervus ischiadicus nicht durchschnitten ist, als Reflexerscheinungen aufgefasst werden. Zwar scheint dieser Vorstellung der Umstand nicht günstig zu sein, dass ein wie oben behandeltes Thier, horizontal auf Quecksilber gelegt, keinen Unterschied in der Stellung der beiden Beine wahrnehmen lässt *); man muss aber bedenken, dass möglicher Weise bei letzterem Versuche die Adhäsion der Glieder an der Quecksilberoberfläche so gross sein kann, dass die schwachen Wirkungen des Tonus unter diesen Umständen keine veränderte Stellung der Glieder erzeugen können. Auch lässt sich zur Erklärung der Brondgeest'schen Stellung noch der folgende Umstand angeben. Da sich nämlich findet **), dass nach Herrichtung des Frosches in der angegebenen Weise das Bein, dessen Nervus ischiadicus nicht durchschnitten ist, von Zeit zu Zeit gegen den Rumpf angezogen wird, was auch selbstverständlich in besonders heftiger Weise bei der Trennung des Rückenmarks geschieht, so nehmen in Folge dieser Contractionen die Muskeln erst nach und nach ihre ursprüngliche Längen an, so dass also durch diese Nachwirkungen Unterschiede zwischen dem contrahirbaren und dem nichtcontrahirbaren herbeigeführt werden müssen. Dass durch diesen von Schwalbe angezogenen Umstand ein grosser Theil der erwähnten Extremitätenstellung erklärbar ist, geht aus der Beobachtung hervor, dass, wenn man den Schenkel, dessen Nerv durchschnitten ist, tetanisirt, auch er die mehrfach erwähnte Stellung annimmt. Ob aber das Brondgeest'sche Experiment in seiner ganzen Ausdehnung auf diese Weise erläutert wird, ist doch fraglich; denn nach und nach werden allerdings die Contractionen des einen Beines seltener und damit auch die Unterschiede der Stellungen beider Beine immer weniger und weniger bemerkbar, aber sie hören *nie* ganz auf. Es muss also schliesslich noch ein Etwas da sein, welches diesen Unterschied bewirkt. Zur Zeit nun lassen sich dafür keine anderen, als die oben angegebenen Ursachen auffinden, falls man nicht etwa noch daran denken will, dass die Stoffumsetzungen, welche wahrscheinlich noch eine Zeitlang nach dem Tode des Thieres im Rückenmark, wie in anderen Geweben vor sich gehen, einen ähnlichen Erfolg haben können. Wir kämen also schliesslich doch auf die Annahme eines vom Rückenmark ausgehenden, schwachen Tonus zurück, von dem zu bemerken ist, dass er höchst wahrscheinlich durch äussere und innere auf das Rückenmark ausgeübte Reize unterhalten wird, also ein *Reflextonus* ist. Wir können bei dieser

*) Cohnstein: Kurze Uebersicht der Lehre vom Muskeltonus. Archiv von Reichert und du Bois-Reymond. 1863. S. 165.

**) Schwalbe l. c. S. 70.

Gelegenheit erwähnen, dass die innigen Beziehungen, welche bei den vorigen Betrachtungen zwischen den hinteren und vorderen Wurzeln unterstellt werden müssen, in der That durch anderweitige Erfahrungen wirklich festgestellt worden sind, so dass man nach diesen es gar nicht auffällig zu finden braucht, dass so schwache Erregungen der Ausbreitung der hintern Wurzeln, wie Berührungen mit der atmosphärischen Luft etc., auf die vorderen Wurzeln wirken. Es ist nämlich eine experimentelle Erfahrung *), dass die blosse Anwesenheit der unverletzten hintern Wurzeln einen Einfluss auf den Erregungszustand der vorderen ausübt und zwar in der Weise, dass er durch dieselbe *erhöht* wird, indem Reize, welche sich an den vorderen Wurzeln bei Unversehrtheit der hintern eben noch wirksam erweisen, sich ohne Erfolg zeigen, sobald man die letzteren durchschnitten hat. Ob es einen *automatischen* Tonus des Rückenmarks giebt, das heisst einen solchen, der von jenem Organ ohne jegliche Anregung zur Bewegung von Aussen in Folge einfacher Berührungen der Rückenmarkselemente besteht, etwa so, wie zwei sich berührende Körper Electricitätsentwickelung zur Folge haben, lässt sich nicht entscheiden. Man kann sich noch fragen, wesshalb die oben erwähnten feinen Messungen nicht zu gleichem Schlusse führten. Die Antwort ist, dass entweder der Tonus sich nicht in allen Muskeln zu gleicher Zeit gleich stark zeigt und die bisherige Wahl der geprüften Muskeln keine günstige war, oder dass die Belastung, obschon hinlänglich klein, doch die Wirkung des Tonus verdeckt habe. Für die von mir selbst angestellten Versuche wäre auch noch der Einwand möglich, dass, obschon die Essigsäure nicht zu den Zuckungen erregenden Mittel zählt, sie doch so schwache Zusammenziehung der Muskeln erzeugt habe, dass die in Folge des Wegfalls des Tonus statt finden sollende Verlängerung gerade compensirt worden wäre. Andrerseits wurde die Beantwortung der Tonusfrage an Studien über die Zusammenziehungen der Schliessmuskeln geknüpft. Diese aber haben bisher wenig Uebereinstimmung unter sich ergeben. Aus dem alten von M. Hall angestellten Versuche, dass in den Mastdarm einer Schildkröte injicirtes Wasser erst dann aus dem After abfloss, als das Rückenmark zerstört worden war, lässt sich mit Sicherheit Nichts über die Existenz oder Nichtexistenz eines Tonus des Aftersphincters schliessen, da ohne Messungen sich nicht sagen lässt, wie sich die in beiden Fällen angewandten Drücke verhielten. Bei spätern, über diesen Punkt angestellten Untersuchungen sind dann auch stets die in der Blase herrschenden Drücke durch manometrische Vorrichtungen

*) Cyon: Berichte der Königl. Sächs. Gesellschaft. Sitz. vom 27. Novbr. 1865.

bestimmt worden. Einige *) fanden, dass während des Lebens in die Blase injicirte Flüssigkeiten bei einem höhern Druck zurückgehalten werden, als nach dem Tode; Andere **) beobachteten keine wesentliche Differenz der Drücke, bei welchen die Flüssigkeit vor und nach dem Tode ausfloss. Diese Versuche bedürfen daher einer sorgfältigen Wiederholung, bevor man sie zur Entscheidung der Frage nach der Existenz des Tonus im Allgemeinen benutzen kann.

Unumstösslicher als der Muskeltonus sprechen für die automatischen Erregungen des Rückenmarks die *Bewegungserscheinungen,* welche man an den Lymphherzen der Amphibien und dem Caudalherzen des Aales beobachtet hat. Auf die ersteren ist in der fraglichen Beziehung meines Wissens zuerst von Volkmann ***) aufmerksam gemacht worden. Er beobachtete, dass die Bewegungen der vorderen und hinteren Lymphherzen der Frösche von zwei, ziemlich scharf umschriebenen Stellen des Rückenmarks, in der Gegend des dritten und siebenten Wirbels, abhängen, indem nach Wegnahme des Gehirns die Pulsationen jener Theile fortbestehen, dagegen sistiren, sobald man das gesammte Rückenmark, oder auch nur die fraglichen Stellen desselben zerstört. Indess ist in vielen Fällen dieser Stillstand nur ein vorübergehender, und es handelt sich darum, klar zu machen, was diese erneuten Bewegungen bedeuten. Zunächst kann man daran denken, sie als die Folgen automatischer, in den Herzwänden gelegener Ganglien zu betrachten und in ihrem Stillstand bei der Zerstörung des Rückenmarks die Folgen der Reizung der von da zu ihnen gehenden Nerven zu erblicken, also hier ein dem Blutherzen und seinen Innervationen vollkommen entsprechendes Analogon herzustellen. Dies ist jedoch aus folgenden Gründen nicht zulässig. Abgesehen davon, dass es Fälle giebt, in denen die Pulsation nie wieder erwachen, unterscheiden sich die neuen wesentlich von den alten. Sie stellen mehr ein Zucken in einzelnen Partieen der Herzen, als Zusammenziehungen in ihrer Totalität dar. Weiter erzeugt die electrische Erregung der zu ihnen gehenden Nerven keinen diastolischen Stillstand, sondern eine krampfhafte Zusammenziehung derselben. Und endlich heben

---

*) Heidenhain und Colberg: Versuche über den Tonus des Blasenschliessmuskels. Müller's Archiv. 1858. S. 437.

**) Lesser-Rosenthal: De tono cum musculorum, tum eo inprimis, qui sphincterum tonus vocatur. Regiomonti 1857.

***) Volkmann: Nervenphysiologie, in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. II. S. 489.

nach einer von Heidenhain *) zuerst gemachten und dann von *mir* **) und Waldeyer ***) bestätigten Beobachtung constante galvanische Ströme, welche man durch die bezüglichen Nerven leitet, die Pulsationen der fraglichen Organe auf, indem sie den von dem Rückenmark ausgehenden Impulsen die Fortpflanzung bis zu jenen versagen. Man kann hinzufügen, dass bis jetzt auch noch keine *ächten* Ganglien in ihnen gefunden worden sind. Man muss also nach anderen Ursachen jener erneuten Bewegungen suchen. Vorerst bleibt Nichts Anderes übrig, sie vermuthungsweise als das Resultat directer Reizungen zu betrachten, welche durch Verdunstung, beginnende Zersetzung, schwache von den thierischen Theilen ausgehende electrische Wirkungen etc. ausgeübt werden. In diesen Vermuthungen wird man durch den Umstand bestärkt, dass man solche Bewegungen durch electrische Ströme wieder aufheben kann, wenn man dieselben in aufsteigender Richtung durch die Nerven der Lymphherzen leitet. Dass die nach Zerstörung des Rückenmarks wieder auftretenden Bewegungen unvollständige *Pulsationen* darstellen, kann seinen Grund in der Anastomosenbildung von Muskelfasern haben. In ähnlicher Weise verhält es sich mit dem Caudalherzen des Aales. Von demselben behauptete Mayer †), dass es nach Zerstörung des Rückenmarks noch fortschlage. Obschon man in dieser Angabe gerade nichts anderes, vorhandenen Thatsachen Widersprechendes finden konnte, so fühlte ich mich doch mit Rücksicht auf meine, an den Lymphherzen gemachten Studien veranlasst, diese Behauptung zu prüfen. Ich ††) fand, dass, sobald man das Rückenmark *vollständig* zerstört, was wegen der Enge des untersten Theiles des Spinalkanales nicht immer leicht von Statten geht, auch diese Herzform still steht. Einen Wiederbeginn seiner Pulsationen habe ich bis jetzt nicht beobachtet, obschon derselbe mit Rücksicht auf die an den Lymphherzen gemachten Erfahrungen nicht unmöglich ist.

---

*) Heidenhain: Disquisitiones de nervis organisque centralibus cordis, cordiumve ranae lymphaticorum. Berol. 1864.

**) Eckhard: Ueber den Einfluss des constanten galvanischen Stromes auf die Erregbarkeit der motorischen Nerven. Meine Beiträge. Bd. I. S. 51.

***) Waldeyer: Zur Anatomie und Physiologie der Lymphherzen von Rana und Emys europaea. Heidenhain's Studien des physiologischen Instituts zu Breslau. Drittes Heft. S. 71.

†) Mayer: Ueber den Einfluss der Centraltheile des Nervensystems auf das Caudalherz des Aales. Froriep's Tagesberichte über die Fortschritte der Natur- und Heilkunde. Nr. 199. 1850. S. 99.

††) Eckhard: Notiz über die Ursachen der Bewegung des Caudalherzens des Aales. Meine Beiträge etc. Bd. III. S. 167.

Die Bedeutung des Rückenmarks als eines Centraltheils des Nervenlebens zeigt sich endlich noch in einer Fähigkeit, Sitz *reflectorischer Erscheinungen* zu sein. Darunter verstehen wir bekanntlich *Innervationsvorgänge, welche durch Vermittelung eines willenlosen Centralorganes als Folgen von in anderen Nervenbahnen hervorgerufenen Erregungen entstehen.* So kann also möglicher Weise eine jede Art von Centralorgan Ursache dieser Erscheinungen werden, sobald nur der Einfluss des Willens dabei ausgeschlossen ist. Im Gebiete des Gehirns und Rückenmarks sind dieselben ohne Zweifel vorhanden. Für den Sympathicus können Bedenken entstehen, wie sich bei der Darstellung der Functionen desselben ergeben wird. Man pflegt die reflectorischen Erscheinungen je nach der Natur der sich bei ihrer Erzeugung betheiligenden Nervenarten mit besonderen Namen zu belegen und zu unterscheiden: *Reflexbewegungen,* bei welchen primär ein sensitiver Nerv erregt ist, dessen Erregungszustände sich mit Hilfe des Centralorgans auf motorische übertragen. Diese Gattung reflectorischer Erscheinungen ist am ausführlichsten studirt worden; wegen ihres weit verbreiteten Vorkommens meint man sie oft ausschliesslich, wenn man von reflectorischen Erscheinungen im Allgemeinen spricht. *Reflexempfindungen* nennt man reflectorische Erregungszustände in sensibeln Nerven, welche sich in diesen in Folge von in motorischen Nerven bestehenden Innervationsvorgängen einstellen. Gegenwärtig kann man kaum die Existenz derselben beweisen, so dass wir uns damit begnügen müssen, die bisher dahin gezählten Erscheinungen namhaft zu machen. Die wichtigste unter allen ist das Gefühl der Ermüdung, welches anhaltenden Muskelbewegungen folgt. Diese Erscheinung ist aber mehrfacher Interpretation fähig. Man kann sie einmal ableiten von besondern sensitiven Fäden, welche neben den bewegenden in die Muskeln eindringen, und welche bei der fortwährenden Contraction der Muskeln mechanisch oder durch die dabei entstehenden Producte des Stoffumsatzes chemisch gereizt werden. Sodann aber kann man sich auch vorstellen, dass das Gefühl der Müdigkeit durch denselben Mechanismus zu Stande komme, welcher dem Muskelsinn zu Grunde liegt. Zwar sind wir über denselben noch nicht hinreichend aufgeklärt, da er sich aber geltend macht, auch wenn keine active Zusammenziehung des Muskels, sondern nur Spannung desselben zu Stande kommt, wo also kaum an eine mechanische Reizung besonderer Gefühlsnerven zu denken ist, und da er sofort im *Beginne* des Hebens von Gewichten thätig ist, zu einer Zeit also, wo von einer Reizung durch auf chemischem Wege gebildete Flüssigkeiten noch keine Rede sein kann; so ist es wohl wahrscheinltch, dass die der Contraction dienenden Nerven auf irgend eine Weise so mit dem Bewusstsein verknüpft sind, dass die

Grösse ihrer Erregung letzterem sofort mitgetheilt wird, ohne dass dazu besondere, in dem Muskel sich verbreitende Gefühlsnerven vorhanden sind. Man findet diese Vorstellung weniger absurd, wenn man sich daran erinnert, dass alle Anzeichen einer doppelten Leitungsfähigkeit der Nerven vorhanden sind, so dass also der Widerstand, welchen der erregte Muskelnerv beim Versuche, einen Muskel zu contrahiren, findet, eine Art Erregung ausführt, welche sich centripetal fortpflanzt. Wegen dieser dreifachen Vorstellung, welche man sich über das Zustandekommen der fraglichen Empfindung machen kann, und von denen keine vor der anderen auf beweisende Thatsachen hin einen Vorzug verdient, kann sie nicht für die Existenz von Reflexempfindungen sprechen. Andere Erfahrungen, welche man unter diese Categorie reflectorischer Erscheinungen rangirt hat, halten noch weit weniger die Kritik aus. *Mitbewegungen* nennt man motorische Erregungen, welche auf dem Wege des Reflexes mittelst willenloser Centralorgane in Folge vorangegangener Erregungen in anderen motorischen Nerven entstehen. Man pflegte früher folgende Erscheinungen hierher zu zählen. a) Bei dem Versuche, bestimmte Muskelabtheilungen willkührlich in Bewegung zu versetzen, gerathen andere; mehr oder minder nahe liegende gleichfalls in Zusammenziehung; so z. B. ist die absichtliche Beugung des fünften Fingers häufig von der gleichen Bewegung des vierten begleitet, oder die Zusammenziehung der Ohrmuskeln von der des Stirnmuskels. Für diese Thatsachen kann aber auch die Erklärung gegeben werden, dass beim *ersten Versuche* der Erregung einer bestimmten Anzahl von Nervenröhren dem Gehirn die isolirte Innervation derselben nicht gelingt, nach welcher Vorstellung dann die Mitbewegung keine reflectorische Erscheinung wäre, sondern auf einer Unvollkommenheit der erregenden Ursachen im Gehirn bezogen werden müsste. Ein weiterer Beweis für die Richtigkeit dieser Ansicht lässt sich jedoch nicht beibringen; denn dass man durch *Uebung* nach und nach jene und ähnliche Bewegungen isolirt ausführen *lerne*, erklärt sich gleich gut, indem man in dem einen Falle annimmt, dass die Uebung sich auf das Nichtzustandekommen der Uebertragung des bereits erregten Innervationsvorganges mittelst des Centralorgans auf andere motorische Nervenröhren bezieht, in dem anderen dagegen auf die isolirte Erregung von Hause aus. b) Bei hemiplegischen Individuen ist bisweilen eine bestimmte Bewegung von einer anderen begleitet, wie z. B. Niesen, oder Gähnen, oder Husten von Bewegungen einer Muskelgruppe an den Extremitäten. Aber auch diese Beobachtungen lassen sich nicht so weit ins Einzelne zergliedern, dass sie beweisfähig für das Bestehen von Mitbewegungen als ächt reflectorischer Erscheinungen wären; denn die hier statt findenden Erregungen

sind stets sehr complicirt und alle der Art, dass sie mit sensibeln gemischt sind, so dass es möglich erscheint, die begleitende Bewegung sei eine reflectorische. Der Beweis für das Bestehen dieser Classe reflectorischer Erscheinungen würde nur dadurch zu erbringen sein, dass experimentell gezeigt würde, wie eine nicht electrische Reizung eines motorischen Nerven Bewegung in einem Gebiete contractiler Elemente zur Folge hätte, für welches klar wäre, dass eine Intercurrenz sensitiver Elemente gar nicht angenommen werden dürfte. Bis jetzt hat die Experimentalphysiologie dieses Desiderat noch nicht erfüllt. Etwas besser sieht es mit den *Mitempfindungen* aus, worunter man Empfindungen versteht, welche durch Reizungen von gewissen empfindenden Nervenbahnen in anderen gleichnamigen, gleichfalls durch Vermittelung willenloser Centralorgane, entstehen. Man zählt unter anderen die folgenden Erscheinungen dahin. Ein Sehen in intensives Sonnenlicht erzeugt eigenthümliche, zum Niesen reizende Empfindungen in der Nase, ohne dass eine directe Einwirkung auf deren Schleimhaut statt fand. Als ein weiteres Beispiel zieht man die ziemlich constant in den Schultern auftretenden Schmerzen an, welche bei Leberleiden beobachtet werden. Man betrachtet dabei die vom Nervus phrenicus auf die Leber tretenden Zweige als ursprünglich gereizte sensible Bahnen, von denen aus dann die Uebertragung auf die, gleich dem Nervus phrenicus aus dem Halsgeflecht entspringenden Nervi supraclaviculares geschehe. Die erste der erwähnten Erscheinungen ist verhältnissmässig so einfach, dass sich wohl wenig gegen die Auffassung derselben als einer Mitempfindung wird sagen lassen. Bei der zweiten dagegen kann man zweifelhaft sein. Obschon nach dem Verlauf der Nervenbahnen, durch welche man sich diese Erscheinung vermittelt denkt, ihr Hergang einfach genug erscheint, so kann man doch nicht so ohne Weiteres wissen, ob in solchen Krankheiten nicht die Schulterschmerzen eine andere Ursache haben. Einige andere Erfahrungen, welche man bisweilen noch hierher zieht, sind noch wichtigern Einwürfen ausgesetzt.

Gegenüber diesen so vielen Ausstellungen fähigen Arten reflectorischer Phänomene stehen nun die eigentlichen Reflexbewegungen als eine besser begründete und mit mehr Methode durchgearbeitete Gruppe derselben da. Sie verlangen daher noch eine besondere Betrachtung. Die Fundamentalthatsachen dieses Gebietes, dass ein des Gehirns beraubtes Thier auf Reizung verschiedener Hautstellen Bewegungen ausführt, sind heut zu Tage allbekannt. Dass diese Muskelzusammenziehungen von der Anwesenheit des Rückenmarks abhängen und aufhören, sobald man dasselbe zerstört, hat zuerst der Engländer Robert Whytt beobachtet

und beschrieben. Hierauf nahm Proschaska *) den Gegenstand auf. Er präcisirte die Wege schärfer, auf welchen die Nervenerregungen in diesen Versuchen laufen und führte zuerst die noch jetzt herrschende Vorstellung über die *Bedeutung* des Rückenmarks für jene Bewegungen ein. Während nämlich Whytt dem Rückenmark seelische Eigenschaften zuschrieb, daher auch unter dem Namen eines sensorium commune die ganze Cerebrospinalaxe verstand, und die heutigen Reflexbewegungen dadurch vermittelt betrachtete, sah Proschaska dieselben als die Folgen einer gesetzmässigen unabänderlichen Verknüpfung der Nervenröhren unter einander an. Legallois **) führte die Angelegenheit dadurch einen Schritt weiter, dass er zeigte, wie zur Erzeugung dieser Bewegungen nicht die Anwesenheit des gesammten Rückenmarks nothwendig sei, sondern schon ein Theil desselben genüge. Aus diesen Anfängen hat sich dann durch eine ganze Anzahl von Beobachtern, unter denen ich namentlich Joh. Müller, Marshall Hall, Longet und Brown Sequard heraushebe, das folgende experimentelle und theoretische Detail ausgebildet. Wir theilen zunächst die möglichst feststehenden Erfahrungen mit.

Obschon so ziemlich von jeder Stelle des Organismus, an der sich sensitive Fäden vorfinden, Reflexbewegungen ausgelöst werden können, so sind doch die äussere Haut und die Oberfläche der Schleimhäute besonders bevorzugt. Doch sind nicht alle Orte beider in dieser Beziehung gleichwerthig, indem von manchen Stellen die Auslösung der Bewegung leichter erfolgt als von andern, meist jedoch in der Weise, dass mit einer bestimmten sensibeln Stelle eine gewisse Anzahl von Muskeln in viel inniger Beziehung steht, als eine andere Muskelgruppe und unter letzterer finden sich wieder graduelle Unterschiede. Diese Eigenthümlichen zeigen sich namentlich in dem Umstande, dass bei schwächern Reizen einer gewählten Stelle eine gewisse, meist sehr beschränkte Bewegung auftritt, bei stärkern dagegen sich zu dieser noch eine gewisse Anzahl anderer Muskeln, je nach der Intensität des Reizes geringere oder grössere, hinzufügt. So z. B. folgt einer schwachen Reizung, die kaum mehr als eine blosse Berührung ist, wenn man sie auf eine Zehe der hinteren Extremität eines decapitirten Frosches anwendet, gewöhnlich nur eine Bewegung der Zehen oder des Fusses, während die Betupfung mit einer schwachen Säure den ganzen Schenkel in Bewegung setzt. Wegen der grossen Schwierigkeit, in auf einander folgenden

*) Proschaska: Operum minorum anat. physiol. et path. argum. Viennae 1800.

**) Legallois: Oeuvres complètes. tome I.

Versuchen dieselben scharf abgestuften Reize unter übrigens sich gleich bleibenden Bedingungen auf dieselbe, gleich grosse Körperstelle einwirken zu lassen, sind jedoch die angedeuteten Beziehungen noch nicht genügend untersucht. Es hebt sich unter den hierher gezogenen Erfahrungen kaum mehr als die feststehende Thatsache heraus, dass zu den sensibeln Punkten einer Körperhälfte die Muskeln derselben Seite in innigerer Verknüpfung stehen, als die der anderen. Wohl weiss ich, dass noch andere Angaben in dieser Beziehung gemacht werden, allein auf die Reize, als in zu vergleichenden Versuchen sich gleich bleibende, ist durchaus kein Verlass. Dass mit der *Grösse* der gereizten Stelle die Reflexbewegung im Allgemeinen innerhalb gewisser Grenzen wächst, findet man wahrscheinlich., und die vorhandenen Beobachtungen scheinen es zu bestätigen; doch ist die Experimentalphysiologie nicht im Besitz einer methodisch ausgeführten Versuchsreihe über diesen Punkt. Merkwürdig und bis jetzt noch vollkommen unverständlich ist das Nichtzutreffen einer Folgerung, welche man aus der erwähnten Thatsache ziehen kann, nämlich der, dass bei Reizung eines sensibeln Nerven*zweiges,* welche jedenfalls eine grössere Anzahl von Nervenfäden trifft, als sich auf einer sehr beschränkten Hautstelle ausbreiten, die Reflexbewegung nach Ausdehnung oder Intensität grösser sein sollte, als bei einer solchen, welche kaum mehr als einen sensibeln Haut*punkt* trifft. Erfahrungsgemäss findet das Gegentheil statt, und selbst die aus zahllosen, empfindenden Nervenröhren bestehenden hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven entfalten auf gewisse, namentlich mechanische, Reize eine oft erstaunlich geringe Wirksamkeit. Ausser von der *Oertlichkeit* und *Intensität* des Reizes sieht man diese Bewegungen in ihren verschiedenen Eigenthümlichkeiten noch von einer ganzen Anzahl anderer Umstände abhängen. *Temperatur, Dauer* des Reizes und die *jeweiligen Zustände des Centralorganes* sind von merkbarem Einfluss. Die Bedeutung der ersten pflegt man gewöhnlich dahin festzusetzen, dass man sagt, dieselbe vermehre die Energie der Reflexbewegungen, verkürze aber die Dauer der Zeit, während welcher sie nach der Decapitation des Thieres noch möglich seien. Obschon man diese Angabe mehr in Folge gelegentlich gemachter Wahrnehmungen, als einer methodisch ausgeführten Untersuchungsreihe kennt, so scheint dieselbe dennoch richtig zu sein, da bei Temperaturen, welche sich merklich über die Eigentemperatur des Thieres erheben, dieser Einfluss sehr augenscheinlich ist. Für die nähere Zergliederung der reflectorischen Bewegungen kann indess diese Erfahrung in ihrer jetzigen Form Nichts beitragen, da nicht ersichtlich ist, welches von den hierbei mitwirkenden Elementen vorzugsweise oder ausschliesslich dem Einfluss der Temperatur unterworfen ist. Möglicher-

weise beruht die ganze Erscheinung nur auf dem längst bekannten Umstande, dass von dem Körper getrennte Nerven bei gewissen, höhern Temperaturen anfangs eine grössere Erregbarkeit (S. 120) zeigen, dann aber bald anfangen, weniger erregungsfähig zu werden. Es ist leicht möglich, dass diese Eigenschaft auch an den Nerven decapitirter Frösche sich zeigt, wo ihnen wegen Mangel eines geregelten Kreislaufes und hinlänglicher Respiration in der Ernährung kein Mittel der Ausgleichung gegen den Temperaturwechsel gegeben ist. Auf alle Fälle aber bleibt hier noch Etwas zu untersuchen übrig, nämlich, wie sich die Reflexbewegungen gestalten, wenn man nur die Nerven oder das Centralorgan allein verschiedenen Temperaturen aussetzt. Ueber den Einfluss der *Dauer* des Reizes besitzen wir gleichfalls keine methodisch erworbenen Erfahrungen. Wenn solche uns etwas mehr, als gelegentliche Wahrnehmungen sein sollen, wird es nöthig sein, einen sich *gleichbleibenden* Reiz auf eine abgegrenzte Hautstelle während variabler Zeiten wirken zu lassen, Bedingungen, die sich leichter fordern als herstellen lassen. Was endlich die Abhängigkeit der Reflexbewegungen von den jeweiligen *Zuständen* der *betreffenden Centralorgane* anlangt, so zeigt sich dieselbe in folgenden Beziehungen. Zuvörderst fallen die Bewegungen bei ganzem und getheiltem Rückenmark nicht in derselben Weise aus. Brown-Sequard *) meldet, dass, wenn er das Rückenmark in verschiedenen Höhen durchschnitt, die Leichtigkeit, Reflexbewegungen überhaupt zu erhalten, nicht gleichgross war. Führte er beim Frosch (?) den Schnitt zwischen dem fünften und sechsten Wirbel aus, so erhielt er in zehn Versuchen nur *einmal* Bewegung. Nahm er die Trennung zwischen dem vierten und fünften Wirbel vor, so gab bereits die *Hälfte* der Versuche ein positives Resultat. Wählte er die Grenze zwischen dem dritten und vierten Wirbel, so waren bereits zwei Drittel der Reizungen erfolgreich. Rückte er endlich bis dicht unter die Ursprungsstelle des Nervus vagus hinauf, so erhielt er stets Bewegung. Weiter findet man, dass in den Organismus eingeführte Gifte für dieselben Reize einen anderen Verlauf der Reflexbewegungen einführen, als es unter gewöhnlichen Bedingungen statt findet. Seit langer Zeit ist dies namentlich vom *Strychnin* bekannt, nach dessen Administration nur noch während kurzer Zeit geordnete und zumeist nur auf einzelne Glieder oder Abtheilungen von solchen beschränkte Reflexbewegungen vorkommen, obschon, wie es scheint, mit grösserer Leichtigkeit, in späteren Stadien aber wahre *Reflexkrämpfe* auftreten. Nach

---

*) In Ermangelung des Originals citire ich Cayrade: Récherches critiques et expérimentales sur les mouvements réflexes. Paris 1864. p. 54, woselbst diese Versuche angezogen sind.

Beobachtungen von Cayrade*) sollen zu dieser Zeit jedoch nur die zu den *Extensoren* gehenden Nerven einer so leichten Erregbarkeit auf reflectorischem Wege fähig sein. Dass diese Eigenthümlichkeiten nur Folge geänderter Erregungsverhältnisse im Rückenmarke sind und mit den extraspinalen Nervenbahnen Nichts oder nur sehr wenig zu schaffen haben, geht aus besonderen in dieser Hinsicht angestellten Versuchen hervor, welche lehrten, dass, wenn man peripherische Nervenstämme in so concentrirte Lösungen derjenigen Strychninsalze legt, deren man sich zur Erzeugung von Reflexkrämpfe bedient, man weder Zuckungen noch vergrösserte Erregbarkeit gegenüber anderen Reizen erhält. Aehnlich wirken die Salze des *Morphins;* in den letzten Stadien der Vergiftung sollen die durch dasselbe erzeugten Reflexconvulsionen von denen durch Strychnin hervorgerufenen gar nicht zu unterscheiden sein, nur die Periode, in der man noch geordnete Reflexbewegungen erhält, scheint hier etwas länger anzudauern. Den entgegengesetzten Erfolg üben *Cyanwasserstoffsäure, Aconitin, Aether und Chloroform* aus **). Endlich zeugen für den Einfluss der Zustände des Centralorgans auf den Charakter der Reflexbewegungen die durch mancherlei Erkrankungen des Rückenmarks begünstigten Reflexbewegungen. Die furchtbaren und gewöhnlich den Tod herbeiführenden Krämpfe, welche auf die geringfügigsten Reize den von Tetanus traumaticus Befallenen quälen, gehören hierher; denn die genaueste Untersuchung hat bisher keine Veränderung der Nervenbahnen selbst ergeben, auf welche jene zurückgeführt werden könnten.

Was die Theorie der Reflexerscheinungen im Allgemeinen und die der Reflexbewegungen im Besonderen, oder, wie man es auch wohl nennt, die Theorie der *Querleitung* im Rückenmark anlangt, so ist dieselbe noch sehr unvollkommen. Bisher sind nur wenige der Hauptpunkte, auf welche es hier ankommt, zur Besprechung und Bearbeitung gekommen. Wir nehmen die folgenden vor: Der erste betrifft den Mechanismus, durch den die Uebertragung der Innervationsvorgänge innerhalb der Centralorgane von einer Faserklasse auf die andere zu Stande kommt. Dass es nicht auf die Weise geschieht, dass die Innervationen der sensibeln Fasern sich unmittelbar, ohne Zwischenglieder, auf nur einfach an dieselben angelegte motorische Fasern übertragen, etwa nach Art der secundären Zuckung vom Nerven aus, ist auf den ersten Blick klar; denn nicht allein sind derartige Uebertragungen nur für die electrische Reizung und nicht für alle diejenigen bekannt, welche nachweislich reflectorische Bewegungen auslössen, sondern der Uebergang der Innervationen

---

*) Cayrade: l. c. S. 110.

**) Man sehe die hierauf bezüglichen Beobachtungen bei Cayrade l. c. S. 124 ff.

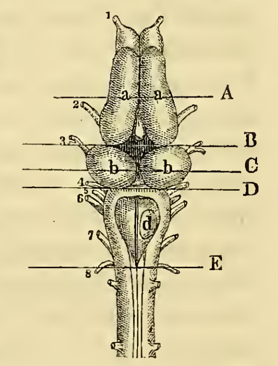
nimmt auch eine viel grössere *Zeit* in Anspruch, als es der Fall sein würde, wenn die erwähnte Vorstellung dem wirklichen Sachverhalte entspräche. Man *) hat ausgemittelt, dass die S. 111 beschriebene, secundäre Zuckung vom Nerven aus nicht merklich später eintritt, als bei directer Erregung des bezüglichen Muskelnerven, während die lediglich auf die Uebertragung kommende Zeit bei den Reflexbewegungen $^1/_{30}$—$^1/_{10}$ Secunden und mehr in Anspruch nimmt, also eine mehr als 12mal so grosse Zeit, als die Leitung in den sensibeln und motorischen Nerven gebraucht. Auch kann der Communikationsweg, auf welchem der primär erregte Vorgang zum motorischen Nerven hinschreitet, nicht eine einfache Nervenfaser sein, deren physikalische Eigenschaften mit den uns bekannten der peripherischen Nerven übereinstimmen, da dies gleichfalls im Widerspruch mit der vorher erwähnten verhältnissmässig langen Dauer der Uebertragung sein würde. Da nun die microscopische Anatomie innerhalb des Rückenmarks besondere Formgebilde, die Ganglienzellen, aufgedeckt hat, mit denen nicht allein hintere und vordere Wurzelfäden einzeln im Zusammenhang, sondern theilweise auch unter sich noch in der Art verknüpft sind, dass continuirliche Verbindungen der hinteren und vorderen Wurzeln derselben und entgegengesetzten Seite bestehen; so liegt die Annahme nahe, dass durch diese Vorrichtungen die Reflexphänomene vermittelt werden **). Jedes nähere Detail aber über die physischen Eigenschaften der die Reflexphänomene bedingenden Apparate ist noch zu durchforschen, da man die bereits mitgetheilten Eigenschaften reflectorischer Erscheinungen wohl aus allgemeinen Gründen begreiflich finden kann, aber nicht für eine einzige eine tiefere wissenschaftliche Einsicht existirt. Der zweite Punkt, auf welchen die Nervenphysiologie behufs der Schöpfung einer Theorie der Reflexbewegungen ihre Aufmerksamkeit noch gelenkt hat, betrifft die Stellung des Gehirns zu den reflectorischen Erscheinungen. Es ist nämlich eine bekannte Erfahrung, dass die mit Hülfe des Rückenmarks erzeugten Reflexbewegungen in hohem Grade zunehmen, wenn die Thiere, an denen man experimentirt, decapitirt werden, oder das Gehirn derselben auf irgend eine Weise in den willenlosen Zustand versetzt wird. Dieses Factum hat man auf doppelte Weise zu erklären gesucht. Einige nehmen an, dass dies desshalb der Fall sei, weil unter diesen Bedingungen die Erregungen, mit denen jede Reflexbewegung beginnt, sich über eine kleinere Abtheilung

---

*) Helmholtz: Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der Königl. Preuss. Academie der Wissenschaften zu Berlin. 1854. S. 328 ff.

**) Wer sich über diese Verbindungen unterrichten will, der studire die 29. und 30. Tafel des Atlasses von Stilling über den Bau des Rückenmarks.

des Nervensystems zu verbreiten hätten, als wenn die Decapitation nicht ausgeführt ist. Es mag hier gleich bemerkt werden, dass diese Begründung so ohne Weiteres nicht für den Fall anwendbar ist, dass man die Entstehung von Reflexbewegungen durch Betäubungen und nicht durch Entfernung des Gehirns ausführt. Andere zogen es vor, im Gehirn gewisse Stellen vorauszusetzen, deren Natur es sei, *hemmend* auf die Erzeugung reflectorischer Bewegungen einzuwirken. Es sind dies die sogenannten *Hemmungsmechanismen, centres modérateurs.* Die Neuzeit hat sich mehrfach damit befasst, die Existenz und die Eigenschaften derselben zu begründen. Indess kann zur Zeit von einer vollständigen Erledigung dieser Angelegenheit noch keine Rede sein. Die folgenden Mittheilungen enthalten den gegenwärtigen Stand der Sache. Setschenow*) war der Erste, welcher es unternahm, die experimentelle Entscheidung zwischen der doppelten Beantwortung der angeregten Frage anzubahnen. Er trennte das Froschhirn an den Stellen, wo in der beistehenden Zeichnung die horizontalen Linien stehen und beobachtete dann die Zeit, welche nothwendig war, um durch eine constante Reizmethode, welche in dem Eintauchen der Gliedmassen eines Frosches in eine sehr verdünnte Lösung von Schwefelsäure bestand, in den hintern Extremitäten des Thieres Reflexbewegungen auszulösen. Dabei stellte er sich vor, dass die Verlängerung oder Verkürzung der Zeit, bis zu welcher die Auslösung von Reflexbewegungen statt fand, bedingt werden durch die mechanische Reizung, welche der Schnitt an dem noch mit dem Rückenmark in Verbindung stehenden Hirntheil ausübt, und dass am unversehrten Hirne die im Versuch durchschnittenen Theile in ihren erregten Zuständen eine ähnliche Reizung hervorbringen. Diese Idee suchte er dadurch zu prüfen und zu befestigen, dass er die bezüglichen Hirnwunden noch anderen, namentlich chemischen, Reizen aussetzte, um zu erfahren, ob die dadurch erzielten Effecte denen, welche der Durchschneidung folgen, gleich wären. Die Zeit, bis zu welcher die Reflexbewegungen eintraten, verglich er jedesmal mit der, welche bis zum Eintritt derselben Erscheinungen bei der Quertheilung des Hirnes in der Mitte der Hemisphäre a a da, wo der horizontale Strich A der



*) Setschenow: Physiologische Studien über die Hemmungsmechanismen für die Reflexthätigkeit des Rückenmarks im Gehirn des Frosches, Berlin 1863. Der Inhalt dieser Untersuchung findet sich noch mitgetheilt in den Compt. rend. Tome LVI 1863. p. 50. und in den Annales des sciences naturelles, quatr. Série. Tome XIX. 1863. p. 100.

Figur steht, verfloss. Setschenow behauptet nun folgende Sätze: a) Ein Schnitt in die Sehhügel, angedeutet durch den horizontalen Strich B, zwischen dem hintern Ende der Hemisphären a a und den Vierhügeln b b erzeugt eine sehr starke *Depression* des Reflexvermögens, welche erst im Verlaufe von 5—10 Minuten verschwindet. Eine ähnliche Depression beobachtet man, wenn ein Schnitt, C, durch die Vierhügel selbst gelegt wird. b) Dagegen bewirkt der zwischen den Vierhügeln und dem Anfange des verlängerten Markes angelegte Schnitt D eine *Steigerung* der Reflexthätigkeit, welche sich gewöhnlich im Verlaufe von 1—2 Minuten entwickelt. c) Die Trennung endlich des Gehirns vom Rückenmark durch einen am hinteren Ende der Rautengrube ausgeführten Schnitt E hat denselben Erfolg, wie der vorige, vielleicht tritt die Steigerung noch etwas schneller ein. d) Die Reizungen der angelegten Hirnwunden mit Kochsalz sind in Uebereinstimmung mit den Durchschneidungsversuchen*). Aus diesen Erfahrungen zog Setschenow den Schluss, dass die *Thalami optici und die Vierhügel als Hemmungsmechanismen der Reflexthätigkeit zu betrachten seien.* Den möglichen Einwand, dass die gereizten Hirntheile einen lähmenden Einfluss auf die motorischen Nerven ausüben könnten, und dass auf *diese* Weise die Depression des Reflexvermögens zu Stande komme, widerlegt er, indem er zeigt, dass der Nervus ischiadicus im Wadenmuskel bei gleichem Reiz *gleich starke* Zuckungen hervorbringt, mag der im Thalamus opticus gegebene Hemmungsmechanismus in Thätigkeit sein, oder nicht **). Gegen diese Behauptung trat Herzen ***) auf. Die Versuche desselben sind zum Theil Wiederholungen der von Setschenow angestellten, zum Theil neue, welche in Reizungen des Rückenmarks an anderen, als von seinem Vorgänger gewählten Stellen und solchen grosser Nervenstämme bestehen. Sie führen ihn zu der Ansicht, dass die Hemmungsmechanismen *nicht* bestehen, und dass eine *jede starke Erregung eines Theils des Nervensystems, mag dieselbe Abtheilungen des Centralorgans, oder grössere Nervenstämme treffen, stets eine Depression der Reflexthä-*

*) Bezüglich dieser Behauptung muss ich den Leser auf die Originalabhandlung selbst verweisen; mir ist es beim Studium derselben vorgekommen, als sei die Identität des Erfolgs der Durchschneidungsversuche und der Reizungen mit Kochsalz nicht überall zu bemerken. Ich stehe jedoch von einer nähern Aufzählung der mir vorhanden scheinenden Widersprüche ab, da nach Angaben in einer spätern Abhandlung von Setschenow ein Theil derselben nicht mehr besteht.

**) Setschenow: Weiteres über die Reflexhemmung beim Frosch. Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift. III. Reihe. XXII. Bd. S. 6.

***) Herzen: Expériences sur les centres modérateurs de l'action réflexe. Turin 1864.

tigkeit zur Folge habe. In Folge dieses Widerspruchs hat Setschenow*) eine weitere, denselben Gegenstand betreffende Abhandlung publicirt, in welcher er seine frühern Ansichten zum Theil modifieirt hat. Da Herzen wesentlichen Nachdruck darauf legt, dass eine jede namhafte Reizung irgend eines Nerventheils die Ausbildung reflectorischer Bewegungen hindere, so prüfte Setschenow diese Versicherung für am unteren Ende der Rautengraube und weiter abwärts am Rückenmark angelegte Schnitte. Er findet, obschon die Erfolge der Reizung veränderlich sind, und gelegentlich auch Depression der Reflexthätigkeit beobachtet wird, dass doch diese niemals mit der die Reizung der Sehhügel begleitenden zu vergleichen ist, hinter welcher sie weit zurückbleibt. Bei sehr schwachen Reizen, wie z. B. mit Blut, tritt stets, und bei stärkern Reizen, wie z. B. mit Kochsalz, im Anfang eine Steigerung der Reflexthätigkeit auf, welche aber sehr flüchtig ist und erst später einer Depression Platz macht. Für die Reizung der Sehhügel, welche er mit Rücksicht auf die eben erwähnte Wahrnehmung gleichfalls mit sehr schwachen Reizmitteln ausführte, bleibt er bei seiner frühern Ansicht stehen, dass diese Theile reflexhemmende Mechanismen enthalten. Für die Theorie der Reflexbewegung ist es wichtig, noch hervorzuheben, dass Setschenow in dieser Arbeit den Versuch macht, zu bestimmen, in welchen Theilen des Rückenmarks die Verbindungsglieder zwischen den Hemmungsmechanismen und den reflectorischen Apparaten gelegen sind. In dem Umstand, dass die Reizung des Sehhügelquerschnittes ihre deprimirende Wirkung nur dann auf die Reflexthätigkeit geltend macht, wenn die vordere Parthie des Rückenmarks intact ist, findet er den Beweis für die Ansicht, dass jene Verbindungsglieder in der vorderen Rückenmarkshälfte liegen. Auffallend ist es aber, dass die directe Reizung dieser Glieder nicht denselben deprimirenden Erfolg hat; denn, wie bekannt, ist die durch Reizung des Querschnittes am unteren Ende der Rautengrube hervorgerufene Depression der Reflexthätigkeit unmerklich; man beobachtet oft das Gegentheil. Dieser Umstand, sowie weiter die Erfahrung, dass man die in den vorderen Rückenmarkstheilen gelegenen Verbindungsglieder zwischen den Hemmungsmechanismen und den Reflexapparaten einseitig durchschneiden kann, ohne eine entsprechende Erhöhung der Reflexthätigkeit auf der betreffenden Seite zu beobachten, scheint sehr gegen die Richtigkeit der Meinung zu sprechen, welche die Erhöhung der Reflexthätigkeit des Rückenmarks durch die Decapitation von der Entfernung der im Gehirn liegenden Hemmungsmechanismen

*) Setschenow und Paschutin: Versuche an Hirn und Rückenmark des Frosches. Berlin 1865.

ableitet; und namentlich hat die letztere Erfahrung Setschenow veranlasst, sich von derselben abzuwenden, indem er aus ihr schliessen zu müssen glaubt, dass es für gewöhnlich den Hemmungsmechanismen an einer tonischen Erregung fehle. Obschon ich die bisher bekannt gewordenen Versuche nicht für genügend halte, um durch sie die Existenz der Hemmungsmechanismen zu beweisen, namentlich aus dem Grund nicht, weil mir bei ihnen nicht sorgfältig genug auseinander gehalten und studirt worden zu sein scheint, dass eine Quertheilung des Gehirns einen Effect erzeugt, welcher zum Theil dadurch bestimmt wird, dass jetzt gewisse Theile wegfallen, welche vorher eine auf den Rest wirkende Erregung entfalteten, zum Theil dadurch, dass man neue Reize einführt, dass letztere Wirkung vorübergehend, die erstere bleibend ist; ich sage, obschon sich mir dieser Mangel an den vorhandenen Versuchen aufdrängt und daher zu neuen Prüfungen auffordert, so bin ich doch nicht der Meinung, dass man die Bedeutung von Hemmungsmechanismen für die Reflexbewegung allein wegen der beiden vorher erwähnten Beobachtungen sofort aufgeben soll. Von einer Reizung eines Rückenmarksquerschnittes mit Kochsalz ist nicht so ohne Weiteres zu verlangen, dass sie denselben Erfolg haben soll, wie eine etwa von den Sehhügeln ausgehende Erregung desselben. Und was den anderen Punkt betrifft, so gestaltet sich die Sache in den Versuchen, auf welche sich Setschenow beruft, folgendermassen: Nach Durchschneidung einer vorderen Rückenmarkshälfte wurde der Sehhügelquerschnitt gereizt, in Folge davon beobachtete man starke Depression der Reflexthätigkeit für die nicht weiter verletzte Seite und keine Erhöhung für die, an welcher die Trennung des Rückenmarks vorgenommen war. Es ist aber möglich, dass in Folge von Faserkreuzung ein Theil der mehrfach erwähnten Verbindungsglieder für die zuletzt erwähnte Seite eine Reizung vom Sehhügel der anderen Seite aus erfuhr und also die erwartete Erhöhung ganz oder theilweise von der Depression aufgehoben wurde. So unvollkommen die Lehre von den Hemmungsmechanismen zur Zeit noch begründet sein mag, so ist ihr doch die andere von Herzen und Schiff aufgestellte Lehre, nach welcher die Erhöhung der Reflexthätigkeit nach der Entfernung des Gehirns durch die Bemerkung verständlich werden soll, dass sich jetzt die Erregungen auf einen *kleineren* Theil des Nervensystems auszudehnen hätten, folglich also in diesem intensivere Erscheinungen ausgelösst werden müssten, durchaus nicht überlegen; denn diese hat bis jetzt von dem auffallenden Umstand keine Erklärung gegeben, dass durchaus keine Proportionalität zwischen den abgetragenen Nervenmassen und der Verstärkung der Reflexthätigkeit besteht. Dies ist im Wesentlichen der gegenwärtige Inhalt der Lehre

von den Hemmungsmechanismen; es wird hoffentlich genügen, den Leser zu befähigen, dem weiteren Verlauf der Verhandlungen über diesen Gegenstand zu folgen.

Bezüglich der Theorie der Reflexbewegungen haben wir also zu bemerken, dass eine solche noch nicht besteht. Es fehlt uns nach den letzten Auseinandersetzungen noch vollständig an bewiesenen Vorstellungen über den Mechanismus, durch welchen die Uebertragung der Vorgänge in den excitirenden Fasern auf die motorischen geschieht; wir haben nach ihnen gleichfalls noch keine Einsicht in das Abhängigkeitsverhältsniss des Reflexionsapparates vom Gehirn, und weiterhin liegen noch eine Menge von Eigenthümlichkeiten untergeordneten Ranges vollkommen unverstanden zur weiteren Aufhellung vor. Dahin gehören: die Wirkungen der verschiedenen Gifte auf die Reflexbewegungen, die Thatsache, dass die Enden der sensibeln Nerven zur Auslösung von Reflexerscheinungen geeigneter sind, als ihre Stämme etc.

Wir schliessen die Lehre von den reflectorischen Erscheinungen mit der Beschreibung einiger, am gesunden Organismus häufig vorkommender Reflexphänomene, welche durch Gehirn und Rückenmark vermittelt werden.

Wir nehmen zuerst die durch *Gehirnnerven* erzeugten Reflexbewegungen vor und ordnen sie nach den sensitiven Bahnen, welche sie einleiten.

a) Der *Nervus opticus* steht in naher reflectorischer Beziehung zum *Nervus oculomotorius, facialis* und den *sensitiven Nasenzweigen des Trigeminus.* Vom Nervus oculomotorius sind es vorzugsweise die Pupillarfasern, welche reflectorisch durch den Opticus erregt werden. Wir haben schon oben, S. 176, als wir die Natur der normalen Pupillarcontractionen zu bestimmen suchten, diesen Punkt berührt. Hier handelt es sich jetzt darum, einen strengen experimentellen Beweis vorzubringen, dass die beiden erwähnten Nerven überhaupt in reflectorischer Beziehung zu einander stehen. Wird er erbracht, so beweisst dies noch nicht, dass die mit dem Sehen sich verknüpfenden Pupillarcontractionen ebenwohl reflectorischer Art sind; dies wird nur wahrscheinlicher dadurch. Ein solcher Beweis ist nun schon vor längerer Zeit durch Muck geführt worden. Dieser zeigte an Thieren, dass eine mechanische Reizung des Nervus opticus eine Zusammenziehung der Pupille erzeugt. Identisch mit diesem Experiment ist die alltäglich zu machende Wahrnehmung, dass bei Abwesenheit aller Augenbewegungen und der Ruhe des Accommodationsapparates eine veränderliche Lichtmenge, welche in das Auge fällt, eine entsprechende Weite der Pupille zur Folge hat. Noch überzeugender sprechen in diesem Sinne die Pupillarcontractionen, welche

auf Lichtreiz bei *cerebraler* Erblindung in Folge von Apoplexie vorkommen. Es sind Fälle bekannt, und ich selbst kenne einen solchen aus eigner Anschauung, in denen in Folge von Gehirnapoplexie einseitige Erblindung besteht, bei welcher die Untersuchung mit dem Augenspiegel keine Erkrankung der Retina ergiebt und jeder Lichtreiz, welcher die letztere ohne eine dabei stattfindende Augenbewegung trifft, Contraction der Pupille dieser und eine geringere der anderen Seite erzeugt. Es wäre nur noch die S. 176 erwähnte Unverständlichkeit aufzuklären, dass bei *retinaler* Erblindung das *dauernd* vorhandene Krankheitssubstrat *Wechsel* in der Pupillarweite erzeugen könne. Zur Zeit ist diese Aufklärung noch nicht gegeben; einstweilen muss man sich mit den drei Voraussetzungen begnügen, dass entweder in jenen Fällen neben der retinalen Erblindung eine cerebrale bestand und die erstere unvollkommen war, so dass noch eine Anzahl von Fasern intact geblieben, durch deren Thätigkeit die Pupille reflectorisch verengt werden konnte, oder dass die Pupillarfasern des Oculomotorius durch solche Retinalfasern incitirt werden, welche gar nicht zum Sehen dienen, also im Opticus neben den den Gesichtswahrnehmungen dienenden Fasern noch solche für reflectorische Wirkungen bestimmte liegen, oder endlich, dass die Krankheitssubstrate, welche retinale Erblindung bewirken, die Sehnervenfasern noch nicht untauglich machen, durch Lichtreiz für Erzeugung reflectorischer Wirkungen angeregt zu werden. Die centrale Stelle für die reflectorischen Bewegungen der Regenbogenhaut liegt zum Theil, wenn nicht ganz, in den Vierhügeln*). Dass heftige Erregungen des Opticus, wie sie z. B. beim Sehen in sehr intensive Lichtquellen stattfinden, durch den *Nervus facialis* bewirkte Contractionen des Schliessmuskels der Augenlieder erzeugen, ist eine allbekannte Thatsache, an welche nur erinnert zu werden braucht. Nicht minder ist es eine leicht zu machende Beobachtung, dass dieselbe Art der Reizung des Sehnerven oft eine eigenthümliche Empfindung in der Nase erzeugt, welche ihrerseits wieder Veranlassung zum Niessen wird. Diese Erscheinung stellt sich vorzugsweise leicht bei Entzündungen der Nasenschleimhaut ein und ist ein die acuten Formen des Trachoms gewöhnlich begleitendes Symptom.

b) Die durch sensible Zweige des *Trigeminus* angeregten reflectorischen Erscheinungen erstrecken sich auf: den *Ramus lacrimalis* des Augenastes, den *Nervus facialis* und die *Exspirationsnerven.* Diese Bemerkung bedarf keiner weiteren Erläuterung. Dazu kommen noch die verschiedenen Füllungszustände der Gefässe des Gesichts und des Ohres,

---

*) P. Renzi: Saggio di Fisiologia sperimentale sui centri nervosi etc. Annali universali. Sett. Ottobre et Dicembre 1864.

welche durch Reizung der in diesen Theilen sich verbreitenden Trigeminusfäden mit Hilfe des Sympathicus erzeugt werden.

c) Die Reflexerscheinungen, welche durch die sensitiven *Vaguszweige* entstehen, bedürfen gleichfalls nur der Erinnerung. Ihre reflectorische Stellung zu den Athemnerven und zu den Gefässen des Ohrs sind bei der Physiologie dieses Nerven bereits abgehandelt worden; ebenso wurde daselbst der angeblich reflectorischen Stellung des Vagus zur Speichelsecretion gedacht. Es kann noch hinzugefügt werden, dass auch theilweise die Stimmnerven von dem Vagusgebiete aus erregt zu werden scheinen, da bei reflectorischer Erregung der Athmungsnerven häufig Husten auftritt, welcher wohl eine gewisse Stellung der Stimmbänder verlangen dürfte. Bidder *) hat an Katzen und Hunden die Bedingungen näher studirt, unter denen Husten erzeugt wird. Er tritt niemals auf, wenn man die centralen Stümpfe der Nervi laryngei superiores reizt; nichtsdestoweniger aber enthalten diese Nervenbahnen die incitirenden Fasern für die genannte Reflexerscheinung. Diese kann nur durch Reizung derjenigen Schleimhautstelle ausgelösst werden, welche unter den Stimmbändern oberhalb des untern Randes des Ringknorpels liegt. Reizung der übrigen Kehlkopfschleimhaut oder der Trachealschleimhaut ist erfolglos. Die beschriebene Stelle verliert aber die erwähnte Wirkung, sobald man die Nervi laryngei superiores durchschneidet. Ferner gehören, wenn nicht ganz, so doch theilweise, die Brechbewegungen hierher, da nicht selten solche bei heftigen Erregungen des centralen Vagusstumpfes beobachtet werden.

d) Weniger umfangreich erweist sich das vom *Nervus glossopharyngeus* aus reflectorisch zu beherrschende Gebiet. Seine Beziehung zur Speichelsecretion wurde bei der speciellen Beschreibung seiner Function hervorgehoben. Ausserdem stehen, wie die alltägliche Erfahrung lehrt, seine sensitiven Fasern in reflectorischer Beziehung zu den motorischen Gebilden, welche sich beim Schlucken betheiligen. Beim Kaninchen ist auch zu erweisen, dass er einen Beitrag zur Bildung des Ramus auricularis Nervi vagi liefert, mittelst dessen er sich wahrscheinlich bei der reflectorischen Veränderung der Weite der Ohrgefässe betheiligt **).

Bezüglich der durch das *Rückenmark* erzeugten Reflexbewegungen ist vorerst das allgemeine Gesetz hervorzuheben, dass die incitirenden Fasern in den hintern, die motorischen in den vorderen Wurzeln liegen,

---

*) Bidder: Beiträge zur Kenntniss der Wirkungen des Nervus laryngeus superior. Hermann's med. Centralblatt. 1865. S. 566.

**) Lovén: Ueber die Erweiterung von Arterien etc. Berichte der sächs. Gesellschaft. Math.-Phys. Classe. Sitzung vom 30. Mai 1866. S. 42.

also für die Reflexbewegungen Bell's Gesetz gilt. Von den Reflexbewegungen, wie sie durch die Reizungen der *einzelnen* sensibeln Wurzeln erzeugt werden können, ist noch wenig bekannt. Die Sätze allgemeinern Inhaltes sind schon oben bei der Betrachtung der Reflexbewegungen im Allgemeinen mitgetheit worden. Wir heben nur noch folgende Erfahrungen hervor.

a) Von den empfindenden Zweigen der oberen Cervicalnerven, namentlich des zweiten und dritten, kann ausser auf Skeletmuskeln noch reflectorisch auf die *Gefässe* des Ohrs gewirkt werden. Dieses Factum hat zuerst Schiff aufgefunden, später ist die Richtigkeit dieser Angabe von Lovén bestätigt worden. Der letztere Beobachter sah analoger Weise auf Reizung des sensibeln Nervus dorsalis pedis das Lumen der Arteria saphena sich verändern. Mit der Art der Veränderung des Lumens verhält es sich so, wie es oben für den Ramus auricularis Nervi vagi beschrieben wurde. Man darf wohl aus diesen Erfahrungen schliessen, dass noch an vielen anderen Stellen des Körpers durch Erregungen sensitiver Rückenmarksnerven auf die Lumina der Gefässe reflectorisch gewirkt werden kann. Für die in der Bahn des Nervus pudendus communis liegenden und zur Eichel gehenden sensitiven Zweige, welche, soweit man aus den Thatsachen der descriptiven Anatomie schliessen kann, den untersten Sacralnerven angehören, wird diese Vermuthung durch die Erfahrung bestätigt, dass Reizung der Eichelnerven Erection erzeugt, welche bekanntlich in einer Beschleunigung des Blutstroms durch den Penis besteht.

b) Durch die Reizung der sensitiven Fäden der Rückenmarksnerven kann reflectorisch auf die *Herzbewegung* gewirkt werden. In der Regel besteht diese Wirkung in einer Verminderung der Zahl der Herzschläge und kommt vorzugsweise durch den Nervus vagus zu Stande, da nach der Durchschneidung dieses Nerven die Zahl der Herzschläge während der Reizung sensitiver Nerven nicht abnimmt. Bisweilen nimmt sie sogar zu; diese Erscheinung ist aber noch nicht genügend aufgeklärt. Trotz der Verminderung der Zahl der Herzschläge steigt der Blutdruck bei diesen Versuchen, oder zeigt keine sehr merkbare Veränderung. Ersteres findet statt, wenn durch Arterienverengerung der Widerstand im Gefässsystem steigt, Letzteres, wenn neben Verengerung von Gefässen Erweiterung von anderen auftritt. Ebenso wird durch Reizung der in der Bahn des Bauchsympathicus liegenden Nervenfasern, deren Ursprung im Rückenmarke liegt, auf reflectorischem Wege Verlangsamung des Herzschlags erzeugt. An welcher Stelle des Cerebrospinalsystems der Reflexionsapparat für diese Erscheinungen gelegen ist, hat noch nicht genau ausgemittelt werden können. Es ist aber derselbe nach den S. 196.

mitgetheilten Erfahrungen am oberen Ende des Rückenmarks bis zum Vagusursprung hin aufzusuchen. Ebenso, wie auf das Blutherz, kann auch nach einer Angabe von Joh. Müller von der Ausbreitung der hintern Rückenmarkswurzeln auf die *Lymphherzen* reflectorisch eingewirkt werden.

c) Endlich sind die sensibeln Rückenmarksnerven in ihren gereizten Zuständen fähig, die *Athemnerven* reflectorisch zu erregen. Bei der Physiologie des Nervus vagus wurde erwähnt, wie unter diesen Umständen tiefe Inspirationen entstehen. Ob einzelne sensitive Rückenmarksfäden vor anderen darin bevorzugt sind, und wie sich im Einzelnen mit der Ausdehnung des gereizten Bezirks und der Intensität der Reizung die Athemfolge und Athmungsintensität der einzelnen Züge gestalten, bildet noch ein schönes Thema für zukünftige Untersuchungen, welche natürlich auch darauf ausgehen müssen, die Orte der Uebertragung innerhalb des Rückenmarks festzusetzen.

§. 26.

Physiologie der einzelnen Rückenmarksnerven.

Jeder Rückenmarksnerv entspringt bekanntlich mit einer hintern und einer vordern Wurzel; jene dient der Empfindung, diese der Bewegung. Obschon diese als Bell'sches Gesetz bekannte Thatsache uns Allen hinlänglich geläufig ist, so ziemt es sich doch für eine Experimentalphysiologie des Nervensystems, kurz zu erwähnen, wie Ch. Bell *) den Beweis des nach ihm benannten Satzes geführt hat. Auf doppelte Weise hat er sich in den Besitz überzeugender Thatsachen gesetzt. Zuerst eröffnete er an einem kurz zuvor getödteten Kaninchen die Wirbelsäule und fand, dass er bei der mechanischen Erregung der vorderen Wurzeln Zuckungen erhielt, während solche bei der Durchschneidung der hintern fehlten. Sodann durchschnitt er an einem lebenden Kaninchen die hintern Wurzeln, wobei er heftigen Schmerzenszeichen begegnete und zugleich sah, dass die Muskeln ihre Motilität erhalten hatten. Es muss als ein ganz besonders glücklicher Zufall betrachtet werden, dass Bell nicht auf den Gedanken verfallen ist, das periphere Stück der durchschnittenen hinteren Wurzel und das centrale der durchschnittenen vorderen mit den zu seiner Zeit so beliebten Metallcombinationen zu reizen, die secundären Uebertragungen hätten ihn an der Entdeckung seines Gesetzes leicht hindern können. Nach du Bois-Reymond **) ist es nämlich in der That möglich, wenn auch nicht

*) Ch. Bell: An idea of a new anatomy of the brain. London 1814.

**) du Bois-Reymond: Untersuchungen über thierische Electricität. Bd. II. S. 195.

sehr gewöhnlich, durch electrische Reizung des peripherischen Endes der hintern und des centralen der vorderen Wurzel Zuckungen zu erregen. Die Erklärung dieser Zuckungen ergiebt sich unter Anerkennung der Richtigkeit des Bell'schen Gesetzes unmittelbar aus der Anwendung der Lehre von der secundären Zuckung, S. 111. Höchst wahrscheinlich sind schon vor du Bois-Reymond's Versuchen über diesen Gegenstand derartige Zuckungen beobachtet worden, ohne dass man sich jedoch über die Constanz und die Erklärung solcher Erscheinungen klar war. Hierauf lassen die Angaben und Bemerkungen von Seubert*), Joh. Müller**) und Longet***) mit Sicherheit schliessen. Zahlreiche Beobachter, wie namentlich Joh. Müller, Longet, Magendie, haben, obschon nach mancherlei widersprechenden Aeusserungen, den Bell'schen Lehrsatz befestigt. Es giebt jedoch vordere Nervenwurzeln, welche *empfindlich* befunden werden. Diese Erfahrung ist indess dem Bell'schen Gesetze nicht zuwider; denn man hat gefunden, dass solche Erscheinungen von Fasern herrühren, welche, ursprünglich den hintern Wurzeln entstammend, sich *rückläufig* in die vorderen Wurzeln begeben haben, in welchen sie höchst wahrscheinlich zu den weichen Rückenmarkshäuten, diese empfindlich machend, verlaufen. Ihr wahrer Ursprung kündigt sich durch die Beobachtung an, dass nach der vorherigen Durchschneidung der bezüglichen hinteren Wurzel, das Phänomen wegfällt, und dass, wenn man die vordere Wurzel theilt, sich der centrale Stumpf derselben empfindungslos zeigt. Man hat diese Empfindlichkeit der vorderen Wurzeln die *rückläufige*, sensibilité *recurrente,* genannt. Die Sicherstellung dieser Art von Sensibilität hat ihrer Zeit viele Streitigkeiten hervorgerufen. Als Entdecker derselben muss Magendie angesehen werden, welcher sie 1839 in seinen Vorlesungen zuerst auseinandersetzte. Später haben derselbe †) und Bernard ††) sie von Longet erhobenen Widersprüchen gegenüber besonders vertheidigt. In Deutschland ist sie zum Ueberfluss noch von Schiff †††) bewiesen worden. Die bezüglichen Versuche wurden meistens an Hunden ausgeführt und zwar hat man fast ausschliesslich an den Lendennerven derselben experimentirt.

---

*) Seubert: De functionibus radicum anteriorum et posteriorum nervorum spinalium commentatio. Carlsruhae et Badae 1833. p. 56.

**) Joh. Müller: Handbuch der Physiologie etc. Bd. I. S. 355. der 3. Auflage.

***) Longet: Anatomie et physiologie etc. Tome I. p. 36.

†) Comptes rendus. Tome XXIV. p. 1130.

††) Comptes rendus. Tome XXV. p. 104.

†††) Schiff: Ueber die Empfindlichkeit der vordern Nervenwurzeln. Vierordt's Archiv für physiologische Heilkunde. Zehnter Jahrgang. 1857. S. 133.

Ehe wir zur Besprechung der Functionen *einzelner* Rückenmarksnerven übergehen, mögen vorher noch einige Eigenschaften über die Verbreitungsarten derselben erwähnt werden, welche mehr oder weniger allen Rückenmarksnerven oder doch der Mehrzahl derselben gemeinschaftlich zukommen. Zu diesen gehören:

a) Der Verbreitungsbezirk eines jeden einzelnen Rückenmarksnerven ragt nicht über die Mittellinie des Körpers hinaus. Diese Erfahrung hat sich namentlich bei der Prüfung einseitig Gelähmter auf deren Tastsinn ergeben.

b) Ein und derselbe Muskel und ein und dasselbe Hautstück erhalten oft von mehren Nervenwurzeln her Fäden, so dass mit der Lähmung eines Rückenmarksnerven nicht nothwendig vollkommne Lähmung der von ihm versorgten Muskeln und vollständige Empfindungslosigkeit der Hautparthie, in welcher er sich ausbreitet, verbunden sind.

c) In vielen Fällen verbreiten sich die sensibeln Fäden eines Rückenmarksnerven an Hautstellen, welche die Muskeln bedecken, die von den motorischen Fäden desselben Nerven versehen werden. Bis zu welchen Grenzen hin dieses Gesetz giltig ist, hat man noch nicht befriedigend untersucht.

d) Ausser zu den Haut- und zu den Skeletmuskeln gehen die Rückenmarksnerven noch in grosser Ausdehnung zu den Eingeweiden und den Gefässen. Wegen des practischen Interesses, welches sich daran knüpft, nehmen wir die Gefässnerven etwas ausführlicher vor. Dass überhaupt die Veränderung des Gefässlumens unter dem Einflusse des Nervensystems steht, erscheint wahrscheinlich durch die Thatsache der descriptiven Anatomie, dass sich an die grösseren Gefässe an verschiedenen Stellen des Körpers direct Nervenfäden darstellen lassen, und wird durch die Beobachung gewiss, dass mittelst Durchschneidung grösserer Stämme von Rückenmarksnerven eine *Erweiterung* und durch Reizung derselben eine *Verengerung* der Gefässe erzeugt werden kann. Die letzte Erfahrung ist gegenwärtig von so vielen Seiten her gemeldet worden, dass es genügt, nur ein paar Beispiele zu citiren. Schiff *) und Brauell **)

---

*) Schiff hat seine Beobachtungen und Ansichten über die vasomotorischen Nerven in verschiedenen Abhandlungen niedergelegt. Anstatt dieselben im Einzelnen anzuführen, citire ich dessen: Influenza della Midolla Spinale nei nervi vasomotori delle Estremitá. Napoli 1864, in welchem Buche sich eine ausführliche kritisch-geschichtliche Darstellung der Lehre von den Gefässnerven und Schiff's eigne Beobachtungen zusammengestellt finden.

**) Brauell: Zur Kenntniss des Verlaufs der vasomotorischen Nerven des Hinterschenkels beim Hunde. Gurlt's und Hertwig's Magazin für die gesammte Thierheilkunde. Bd. XXV. 1859. S. 292.

sahen nach der Durchschneidung der Hüftnerven bei Kaninchen und Hunden die Erweiterung besonders deutlich an den Gefässen des Metatarsus und der Interdigitalmembran. Der Erstere giebt ferner an, dass bei Kaninchen in den spinalen Auricularästen Fasern enthalten sind, welche in directer Beziehung zu den Circularfasern der Ohrgefässe stehen, indem Durchschneidung jener unmittelbar Erweiterung gewisser Gefässe zur Folge hat. Lovén *) hat diese Beobachtung bestätigt und gezeigt, dass eine Reizung der peripherischen Abschnitte der erwähnten Nerven wieder Verengerung zur Folge hat, und dass diess auch dann eintritt, wenn vorher der Sympathicus durchschnitten worden war. Aehnlich verhält sich nach dem letzteren Beobachter auch der Nervus dorsalis pedis gegenüber der Arteria saphena. Lister **) und Andere beobachteten Erweiterung an den Gefässen der Schwimmhaut des Frosches bei Lösung von Spinalnerven von ihrem Centrum und Verengerung bei Reizung derselben. Bei der Physiologie des Nervus vagus und den reflectorischen Erscheinungen des Rückenmarks haben wir Veränderungen von Gefässquerschnitten erwähnt, welche durch das Rückenmark vermittelt werden, also von Nerven ausgehen müssen, welche diesem angehören. Es wird sich also hier noch darum handeln, schärfer zu bestimmen, woher diese Nerven in letzter Instanz stammen, ob sie wirklich, wie es nach den bereits mitgetheilten Erfahrungen den Anschein hat, ihren virtuellen Ursprung im Rückenmark haben, oder von den Ganglien des Sympathicus kommen und nur vorübergehend in Bahnen der Rückenmarksnerven eingelagert sind. Diese Alternative muss aber desshalb geprüft werden, weil wir nicht allein uns bisweilen des Ausdrucks bedienen, dass die Gefässnerven vom Sympathicus kommen, ohne damit einen hinlänglich scharfen Begriff zu verbinden, sondern weil auch wirklich in der Experimentalphysiologie des Nervensystems Versuche verzeichnet sind, welche die Veränderung der Gefässlumina und die davon abhängende Temperaturerhöhung gewisser Körpertheile als *nicht* durch Rückenmarksnerven vermittelt darstellen ***). Es unterliegt nun nach den vorhandenen Erfahrungen keinem Zweifel, dass die Lumina der Gefässe durch *ächte Rückenmarksnerven* beherrscht werden können, und dass die bezüglichen Fasern in den *vorderen Wurzeln* derselben liegen. Für Säugethiere hat Schiff bewiesen, dass die Durchschneidung der

---

*) Lovén l. c. S. 93.

**) Lister: An Inquiry regarding the parts of the Nervous System which regulate the contractions of the Arteries. Philos. Transact. for the year 1858. London 1859. p. 607.

***) Diese Versuche finden ihre Erwähnung bei der Physiologie des Sympathicus.

vorderen Wurzeln zu Gefässerweiterung und in Folge davon zu Temperaturerhöhung in den bezüglichen Gliedern führt. An Fröschen hat Lister gezeigt, dass, wenn man während der Reizung des Rückenmarks mit Hilfe eines Drahtes eine Schlagader beobachtet und ihre Weite mit Hilfe eines Ocularmicrometers festhält, man eine deutliche Verengerung wahrnimmt, welche sich unter günstigen Umständen zu einem vollständigen Verschlusse ausbildet, der nach Entfernung des Reizes wieder verschwindet. Von anderen Forschern werden ähnliche Beobachtungen berichtet. Wir scheinen uns also, da nach Trennung der Rückenmarksnerven Gefässerweiterung und bei Reizung derselben Gefässverengerung eintritt, vorstellen zu müssen, nicht allein, dass die Muskelfasern der Gefässe in demselben Verhältnisse zu den Nerven stehen, wie die übrigen Muskelfasern, sondern auch, dass das Rückenmark in ihnen fortwährend einen gewissen Tonus unterhält. Beiläufig mag bemerkt werden, dass also von dieser Seite her noch ein Grund für die Behauptung entnommen werden kann, dass dem Rückenmark eine tonisirende Kraft zukommt, ohne dass jedoch damit etwas Näheres über die weitere Ursache derselben behauptet wird. Wenn ich sage, dass es *scheine,* als müsse man sich diese Vorstellung von der Stellung der Gefässnerven zum Rückenmarke machen, mithin einen scharfen Ausspruch in dieser Angelegenheit vermeide, so denke ich dabei an die folgenden Thatsachen, welche diese Vorsicht erheischen. Zuerst giebt es einzelne Rückenmarksnerven, welche augenscheinlich in einer anderen Beziehung zum Rückenmark stehen, da sie nämlich durch Erregung von dieser Seite her oder durch einen entsprechenden künstlichen Reiz *Erweiterung* der Gefässe bewirken. Die hernach noch besonders zu behandelnden *Nervi erigentes* gehören hieher. Sodann aber sind die oben erwähnten, reflectorischen Wirkungen der Gefässnerven noch einmal ins Auge zu fassen, und von diesen ist hervorzuheben, dass der Reizung centraler, sensibler Nervenstümpfe bald eine Verengerung mit nachheriger Erweiterung, bald primitiv eine Erweiterung ohne vorhergehende Verengerung folgt, und dass keine Gründe vorliegen, die Erweiterung als eine Ermüdungserscheinung zu betrachten. Dies heisst so viel, als: Von der besonderen Erregung des Rückenmarks hängt es ab, welche Wirkung der von ihm kommende Gefässnerv entfaltet. Bei jenen reflectorischen Wirkungen kann es sich bald in einem Zustande befinden, zufolge dessen es die Nerven zu einer Erweiterung der Gefässe zwingt, bald in einem solchen, dass es ihnen Verengerung derselben auferlegt. Kann dies aber bei absichtlich von uns eingeführten Bedingungen geschehen, so ist es nicht unmöglich, dass sich dasselbe auch ohne unser Zuthun im Rückenmark durch Vorgänge der Ernährung etc. ereignen kann. Unsere Anschauungen über die Einrichtungen

im Rückenmark, durch welche ein so verschiedenartiger Erfolg erzielt werden kann, sind allerdings noch sehr beschränkt; man kann aber, durch Hinweisung auf bereits bekannte physiologische Vorgänge provisorische Vorstellungen proponiren, welche den Vortheil haben, einstweilen das Erfahrungsmaterial unter sich zu verknüpfen und Ausgangspunkte für weitere Untersuchungen zu bilden. Für die gegenwärtige Angelegenheit kann man sich etwa die Annahme erlauben, dass der verschiedene Effect der reflectorischen Erregung der Gefässnerven wesentlich durch die verschiedene Natur von Ganglien bestimmt werde, über welche hin die erregten Innervationsvorgänge innerhalb des Rückenmarks führen. Es könnte sein, dass die Erregungen der hintern Wurzeln gewisse Ganglien, gleichgiltig, ob diese im Rückenmark selbst, oder im Verlauf der Bahnen der Gefässnerven liegen, wirkungslos machen, wie etwa der erregte Vagus dies in Bezug auf die Herzganglien thut, während eben dieselben, wenn sie sich auf andere Gangliengebiete verbreiten, diese, wie in den gewöhnlichen Reflexbewegungen, zur Thätigkeit anfachen. In diesem Gedanken fortfahrend, könnte man auch die Gefässerweiterung durch die erigirenden Nerven in Folge ihrer Erregung durch das Rückenmark oder einen künstlichen Reiz durch den Umstand erläutert finden, dass in ihren peripherischen Bahnen sich Ganglien vorfinden. Diese und ähnliche Vorstellungen sind jedoch nur Conjecturen, denen man sich gelegentlich einmal hingiebt, um für einen Gegenstand eine gewisse Abrundung zu gewinnen. Weitere Untersuchungen werden uns sagen, was von ihnen zu halten ist. Nicht minder unvollkommen sind wir darüber unterrichtet, wie hoch die zu den verschiedenen Gefässbezirken gehörigen vasomotorischen Nerven im Rückenmark in die Höhe steigen. Aus Versuchen von Schiff und Lister geht jedoch bis jetzt schon so viel hervor, dass die zu den Gefässen der hinteren Extremitäten gehörigen sehr hoch im Rückenmark, etwa bis zum verlängerten Mark, hinaufreichen. Den Ursprung der Nerven für die Gefässe der Leber, des Magens etc. setzt Schiff sogar in die Sehhügel. Wir kommen zur Function der einzelnen Rückenmarksnerven. Hier ist nun noch eine grosse und empfindliche Lücke in der Experimentalphysiologie, indem bezüglich des Menschen wohl zur Zeit für keine einzige Nervenwurzel ihr peripherischer Verbreitungsbezirk mit Sicherheit angegeben werden kann, und bezüglich der in der Experimentalphysiologie benutzten Thiere dies nur unvollkommen möglich ist. Die Ursache davon liegt für den Menschen im Mangel eines ausreichenden und passenden Materials, indem die Beobachtungen, zu denen Rückenmarksläsionen Veranlassung geben können, nur selten die Einfachheit und Ueberzeugung besitzen, welche die Experimentalphysiologie fordern muss, und die Gelegenheiten, welche

Enthauptungen bieten könnten, bisher für diesen Zweck noch nicht ausgebeutet worden sind, überdies auch die grosse Vergänglichkeit der Erregbarkeit der nervösen Gebilde hindernd in den Weg tritt. Für Säugethiere bestehen allerdings diese Uebelstände nur zum Theil, und darum ist man auch hier im Besitz einiger Thatsachen über den in Rede stehenden Punkt; es sind aber in neuerer Zeit die Untersuchungen nicht so eifrig fortgesetzt worden, als man sie begonnen, wie es scheint, aus dem Grunde, dass zur Zeit der Physiologie daraus kein der aufgebotenen Zeit und Mühe entsprechendes Aequivalent entsprungen ist. Am Frosch hat man noch mit den geringsten Schwierigkeiten zu kämpfen; es gilt aber auch für ihn die eben vorgebrachte Entschuldigung, dass wir gegenwärtig nur Unvollkommenheiten bieten können.

Die Methoden zur Ausmittelung der Verbreitungsbezirke der einzelnen Wurzeln der Rückenmarksnerven sind in ihrem Principe sehr einfach. Was die vorderen Wurzeln anlangt, so hat man nach Eröffnung des Rückenmarkskanales die peripherischen Stücke der durchschnittenen Wurzeln einfach zu reizen und die sich dann contrahirenden Muskeln zu verzeichnen. Dies ist jedoch leichter empfohlen, als ausgeführt; denn die electrische Reizung hat, selbst bei der Anwendung sehr schwacher Ketten, wegen der reichlichen Plexusbildung der Rückenmarksnerven ihre Unsicherheiten, die chemische bietet wegen der Beschränkheit des Raumes manche Unbequemlichkeiten und die mechanische gestattet nicht immer eine so öftere Wiederholung des Versuchs, als für die Herbeiführung eines vollkommen befriedigenden Resultates wünschenswerth ist. Zur Ausmittelung des Verbreitungsbezirks der hintern Wurzeln durchschneidet man nach Eröffnung des Spinalkanales alle sensiblen Wurzeln bis auf diejenige, deren Ausbreitungsgebiet man zu ermitteln wünscht und prüft demnächst, von welchen Hautstellen aus noch Reflexbewegungen auslösbar sind. Bei Säugethieren, bei denen die Schmerzenzäusserungen bestimmter, als bei Fröschen auftreten, kann man auch in der Weise verfahren, dass man an betäubten Thieren einen Spinalnerven dicht bei seinem Austritt aus dem Rückenmarkskanal durchschneidet und nachher untersucht, welche Hautflächen unempfindlich geworden sind. Wir verzichten hier auf eine Mittheilung derjenigen Resultate, welche an Hunden, Kaninchen und Fröschen in Beziehung auf die Verbreitung der einzelnen Rückenmarksnerven gewonnen worden sind und verweisen den Leser auf die unten citirten Arbeiten *). Dagegen nehmen wir noch

---

*) Peyer, in Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift. N. F. T. IV. p. 52—77. Türk: Vorläufige Ergebnisse von Experimentaluntersuchungen zur Ermittelung der Hautsensibilitätsbezirke der einzelnen Rückenmarks-Nervenpaare. Sitzungsberichte der

die Physiologie der folgenden, besonders studirten Nerven vor. Bei ihrer Auswahl muss man einige Willkührlichkeiten entschuldigen, da zur Zeit für manche Nervenbahnen es gleich zweckmässig erscheint, sie hier, oder bei der Physiologie des Sympathicus abzuhandeln.

1. *Der Zwerchfellsnerv.* Dieser Nerv ist gemischter Natur; denn ausser den motorischen Fäden für das Zwerchfell schliesst er nach Luschka beim Menschen noch solche ein, welche sich zum serösen Ueberzug der Leber begeben; ferner fand Panizza *), dass bei Thieren seine Durchschneidung immer schmerzhaft ist. Die Trennung desselben gefährdet das Leben der Versuchsthiere in hohem Grade; es tritt nach ihr beschleunigtes Athmen auf und unter Athembeschwerden sterben Hunde und Kaninchen meist schon am zweiten Tage. Bei der Section zeigen sich die Gefässe des Unterleibs mit Blut und der Nahrungskanal mit Gasen überfüllt.

2. *Die Nerven der Blase.* Die Bewegungsfasern der Blase liegen in den Sacralnerven. Nach Budge **) sind sie beim Hunde in dem dritten und vierten derselben eingeschlossen. Ihre Empfindungsnerven soll sie durch die Rami communicantes erhalten, welche in den Lendentheil des Sympathicus eintreten. Interessant, aber der Prüfung bedürftig, ist die Angabe von Oehl ***), nach welcher der Nervus vagus in reflectorischer Beziehung zu den Bewegungsnerven der Blase stehen soll. Durch die Reizung des centralen Stumpfes dieses durchschnittenen Nerven will jener Forscher Verengerung der Blase beim Hunde erzeugt haben. Die Wirkung soll ausgeblieben sein, wenn vor der Reizung das Rückenmark an einer beliebigen Stelle zwischen dem Hinterhaupte und dem Lendentheil getrennt worden war. Das letztere Factum würde mit einer Behauptung von Budge im Einklang sein, nach welcher die Blasenmuskulatur vom verlängerten Mark aus erregbar sein soll.

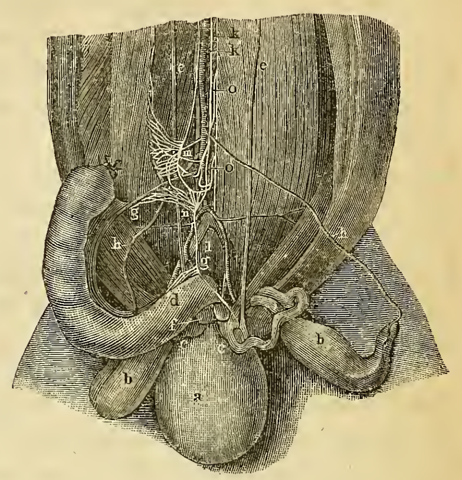
Wiener Academie. 1856. S. 3. — Eckhard: Ueber Reflexbewegungen der letzten Rückenmarksnervenpaare des Frosches. Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift. Erste Reihe. Bd. 7. S. 281. Die dort gemachten Angaben über die motorischen Wurzeln stammen aus der Zeit vor der Entdeckung der secundären Zuckung und sind desshalb jetzt unbrauchbar.

*) B. Panizza: Sul nervo frenico e sulla bolsaggine. Gaz. med. Italiana. Lombardia 1865. Nr. 8. p. 92.

**) Budge: Mémoire sur l'action du bulbe rhachidien, de la moelle épinière et du nerf grand Sympathique sur les mouvements de la vessie. Gaz. méd. 1863. Nr. 40. p. 652. und: Ueber den Einfluss des Nervensystems auf die Bewegungen der Blase. Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift. Dritte Reihe. Bd. XXI. S. 174. Bd. XXII. S. 77.

***) Oehl: de l'influence motrice réflexe du Nerf pneumogastrique sur la vessie. Comptes rendus. 1865. Tome LXI. p. 340.

3. *Die Nerven der Samenleiter.* Ihre Abstammung und ihren Verlauf kennt man mit Sicherheit nur genauer beim Kaninchen. Daselbst nehmen sie, gemäss der beistehenden Zeichnung, aus den Grenzsträngen k k gewöhnlich mit einer stärkern Wurzel o und einer schwächern o′ ihren Ursprung. In unserer Figur sind die Ursprünge nur auf der linken Seite deutlich. Nach dem aus der Zeichnung unmittelbar ersichtlichen Verlauf treffen alle Bewegungsfäden der beiden vasa deferentia in dem unpaaren Nervenstämmchen l zusammen, welches sich schliesslich bei g in zwei Aestchen theilt *). Dass die motorischen Nervenfäden der Samenleiter den beschriebenen Verlauf nehmen, ergiebt sich unmittelbar aus der Reizung, welche man an der beschriebenen Nervenbahn anbringt. Durch besondere Versuche hat Budge **) gezeigt, dass sich die in Rede stehenden Nerven von dem 4. u. 5. Lendennerven ableiten, durch deren Rami communicantes sie sich mit dem Sympathicus verbinden. Innerhalb des Rückenmarks sollen sie mit einer beschränkten Stelle verknüpft sein, welche durch die directe Reizung des Rückenmarks ober- oder unterhalb derselben nicht in Erregung versetzt werden kann. Dieselbe wird von Budge in die Gegend des vierten Lendenwirbels verlegt und *centrum genitospinale* genannt. Die Berührung dieses Nerven mit den Ganglienzellen im Grenzstrang und dem hintern Mesenterialganglion hat keine physiologische Bedeutung, da der Character der Bewegungen der vasa deferentia unabhängig von dem Orte ist, an welchem die Reizung ihres Nerven geschieht ***).



4. *Die Nerven des Uterus.* Aie Angaben über die den Uterus bewegenden Nerven sind nicht sämmtlich in Uebereinstimmung. Zur Zeit kann etwa Folgendes darüber gesagt werden. Die Fasern des

*) Die Bezeichnungen der nicht im Text erwähnten Theile bedürfen keiner Erläuterung; sie sind nur behufs eines gefälligern Ansehens der Zeichnung beigesetzt worden.

**) Budge: Ueber das centrum genitospinale des Nervus sympathicus. Virchow's Archiv. Bd. XV. 1858. S. 115.

***) Vergl. noch: Loeb: Beitr. zur Bewegung der Samenleiter und der Samenblase. Giessen 1866.

Uterusnerven steigen entweder als solche im Rückenmark bis zu Theilen des Gehirns empor, oder sind doch durch Zwischenglieder von sehr hoch in der Cerebrospinalaxe gelegenen Stellen aus erregbar. Spiegelberg *), Frankenhäuser **) und Körner ***) haben den Uterus von verschiedenen Stellen des Rückenmarks, dem verlängerten Mark, dem kleinen Gehirn, der Brücke und noch anderen Theilen des Gehirns in Bewegung versetzt. Es scheinen aber diese Stellen, in Rücksicht auf die Leichtigkeit, mit welcher von ihnen aus die Uterusnerven erregt werden können, nicht gleichwerthig zu sein. Obernier †) und die vorhin verzeichneten Forscher machen darüber einige Angaben; unter ihnen scheint die wichtigste die zu sein, dass von dem Lendenmark aus die Uterusbewegung vorzugsweise leicht erzeugt werden könne. Einer vervielfältigten Untersuchung bedarf noch die Frage, wie man sich das centrale Nervensystem dem Uterus gegenüber zu denken habe. Das bis jetzt vorliegende Beobachtungsmaterial reicht nicht aus, darüber eine scharfe Vorstellung zu entwerfen. Bei Kaninchen sah Kehrer ††) nach der in der Beckenhöhle ausgeführten Durchschneidung der Sacraläste der Plexus hypogastrici posteriores die rhythmischen Bewegungen der Scheide noch einige Male sich wiederholen und dann aufhören und auch die des Uterus giengen unter diesen Umständen bald verloren, wenn vorher noch das Scheidengewölbe abgetrennt worden war. Körner sah die Bewegungen des Uterus nach der Durchschneidung derselben Nerven noch längere Zeit, bis $1/2$ Stunde, fortdauern. Mündlichen Mittheilungen zufolge hat Kehrer nach Anwendung einer anderen Operationsmethode: Zerstörung des Sacralmarkes mit den Spinalganglien und der Nn. uterini anteriores, ebenfalls eine längere Fortdauer der Genitalcontractionen gesehen. Diese Beobachtungen können so gedeutet werden, dass dem Uterus ein besonderes Erregungsorgan zukomme, dessen Ort noch näher zu bestimmen ist, und welches nach den Andeutungen, welche man aus Kehrer's Versuchen entnehmen kann, etwa an der Verbindungsstelle der Scheide mit dem Uterus zu suchen ist, da die rhythmischen Bewegungen des letzteren nach der Trennung der Sacralnerven nur

---

*) Spiegelberg: Experimentelle Untersuchungen über die Nervencentren und die Bewegungen des Uterus. Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift. Dritte Reihe. Bd. II. 1857. S. 43.

**) Frankenhäuser: Die Bewegungsnerven der Gebärmutter. Jenaische Zeitschrift für Medicin. Bd. I. 1864. S. 34.

***) Körner: De Nervis uteri. Vratislaviae 1863.

†) Obernier: De nervis uteri. Bonnae 1862.

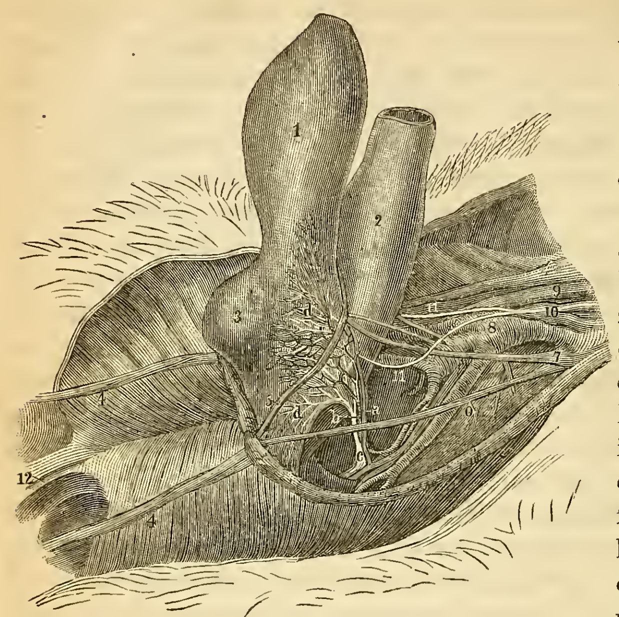
††) Kehrer: Ueber die Zusammenziehungen des weiblichen Genitalkanales. Giessen 1863.

dann aufhörten, wenn vorher die Scheide getrennt worden war. Möglicher Weise könnten aber auch die rhythmischen Bewegungen der beiden genannten Theile von gar keinem, ausserhalb des Rückenmarks liegenden *Nervencentrum* abhängig sein. Ueber diesen Punkt muss also weitere Aufklärung erwartet werden. Mit ihr wird sich dann auch erst die wahre Stellung des Uterus zum Rückenmark ergeben. Bis jetzt ist nur beobachtet, dass die Reizung der Sacralnerven und vielleicht auch die eines an der Aorta herablaufenden sympathischen Zweiges Bewegungen des Uterus einleiten, dass dagegen die der Nervi spermatici ohne Erfolg ist. Aber es ist noch nicht ermittelt, ob die unter diesen Umständen entstehenden Bewegungen reine Reizbewegungen sind, oder nur durch Erregung der etwaigen nervösen Centralorgane des Uterus entstehen. Dabei wird endlich auch noch schärfer zu bestimmen sein, ob von scharf umschriebenen Stellen des Cerebrospinalsystems die Uterusbewegungen, welcher Art sie auch sein mögen, ausgehen und wo dieselben localisirt sind.

5. *Die erigirenden Nerven* *). Die unter starker Erregung des Nervensystems sich vollziehende Erection des Penis und das Fehlen oder die unvollkommne Ausbildung derselben bei Rückenmarksleiden lässt schliessen, dass diese physiologische Erscheinung durch Rückenmarksnerven vermittelt werde. Diese Vermuthung hat sich durch die Erfahrung bestätigt, dass man beim Hunde einen aus dem Sacralplexus entspringenden Nerven kennen gelernt hat, dessen künstliche Reizung eine starke Beschleunigung des Blutstroms durch den Penis erzeugt, welcher, wie weitere Experimente gelehrt haben, die Fundamentalbedingung der Steifung des männlichen Gliedes ist. Dieser Nerv setzt sich beim Hunde in der Regel aus zwei Wurzeln zusammen, welche zu dem ersten bis dritten Sacralnerven zurückführen. In der auf folgender Seite stehenden Abbildung sieht man ihn mit c bezeichnet zwischen oder neben den zur Blase gehenden Gefässen nach dem Plexus hypogastricus ziehen An dieser Stelle sucht man ihn behufs der Reizung am zweckmässigsten auf. Mit dem Eintritt der letzteren beginnt das Corpus cavernosum urethrae mächtig anzuschwellen, und auch die beiden Corpora cavernosa penis werden blutreicher, doch lange nicht in dem Masse, wie ersteres. Vergleicht man die Menge des zu dieser Zeit aus dem Gliede abfliessenden venösen Blutes mit der, welche den Penis vor der Nervenreizung durchzog, so findet man sie bedeutend vermehrt, zum Beweis, dass während der Erection ein stärkerer Blutstrom von der Arterienseite her

*) Eckhard: Untersuchungen über die Erection des Penis beim Hunde. Meine Beiträge. Bd. III. S. 123.

zugeflossen sein muss. Gleichzeitig muss selbstverständlich der Seitendruck in den übrigen Zweigen der Arteria hypogastrica sinken. In Fällen sehr vollkommner Ausbildung der Erection habe ich mit Hilfe des Manometers dieses Sinken des Blutdrucks sich bis in die Arteria cruralis erstrecken sehen. In Folge der Nervenreizung sind also, da bei diesem Versuche an eine vermehrte Herzkraft nicht zu denken ist, in dem Blutbette des Penis Hindernisse für die Blutströmung hinweggeräumt worden. Obschon man nach einer Beobachtung von Lovén *) die kleinern Arterienzweige sich bei dieser Gelegenheit stärker anfüllen sieht, so kann man doch zur Zeit nicht sagen, ob in Folge der Nervenwirkung sich jene *activ*, etwa mittelst einer gewissen Anordnung der Muskelfasern in den Arterienwänden, erweitern, oder ob sie nur durch Erschlaffung an *Ausdehnungsfähigkeit* gewinnen. Es bleibt weitern Forschungen vorbehalten, über diese Alternative zu entscheiden. Auch ist noch dem Verständniss näher zu rücken, ob die erwähnten Folgen den gereizten Rückenmarksnerven als solchen, oder desshalb zukommen, weil sie sich in ihrem Verlaufe mit *Ganglienzellen* belegen, ein Factum, auf welches ebenwohl Lovén aufmerksam gemacht hat.



6. *Der nervus pudendus communis.* Nach Durchschneidung dieses Nerven hat man Stellungs- und unbedeutende Formveränderungen des Penis, namentlich beim Pferde, beobachtet und mit Rücksicht auf diese Erfahrung denselben in Verdacht gehabt, dass er sich bei der Erection wesentlich betheilige. Wenn nun auch nach den vorhergehenden Mittheilungen sich diese Vermuthung als unbegründet erwiesen hat, so bedarf der Nervus pudendus doch in der fraglichen Beziehung immerhin

*) Lovén, l. c. S. 104.

einiger Berücksichtigung und zwar auf Grund der folgenden Betrachtung hin. Lovén *) giebt an, dass der Durchschneidung des Nerven eine Erweiterung der Arteria dorsalis penis folge und die Pulsationen in ihr lebhafter würden. Unter der Voraussetzung, dass sich dieser Einfluss auch auf die in den cavernösen Körpern sich verbreitenden Arterien erstreckt, würde eine jede Erregung dieses Nerven einen die Erection nicht begünstigenden Umstand einführen, nämlich Verarmung der zur Ausbildung dieser Erscheinung nothwendigen Blutquelle. Derselbe könnte noch dadurch vermehrt werden, dass sich durch dieselbe Erregung die Muskelfasern der Cavernenwände zusammenziehen und diesen einen Theil ihrer Ausdehnungsfähigkeit rauben. Verminderung der normalen Erregung dieses Nerven würde demnach den Eintritt der Erection begünstigen. Ausserdem aber muss auch noch hervorgehoben werden, dass diese Nervenbahn sensible Elemente führt, deren tonische Erregung reflectorisch auf die Nervi erigentes wirken kann, so dass sich die in den spongiösen Körpern verbreitenden Arterien stets nur in einem bestimmten Grade füllen.

§. 27.

Physiologie des Sympathicus.

Für die Zwecke der Experimentalphysiologie ist es zur Zeit jedenfalls noch am gerathensten, den Begriff Sympathicus in dem Sinne zu nehmen, welchen die descriptive Anatomie seit langer Zeit adoptirt hat; denn in bei weitem der Mehrzahl der Fälle kann sie nur an solchen Nervenstämmen experimentiren, welche ein Gemisch sind von Rückenmarksnervenfasern und von solchen, welche in von der Cerebrospinalaxe getrennten Ganglien ihren Ursprung nehmen. Wir wollen hier diesem Rath folgen und nacheinander die Erscheinungen vorführen, welche man auf diesem Gebiete ausgemittelt hat und gehörigen Orts gebührend hervorheben, welche Antheile der verschiedenen Leistungen auf das Cerebrospinalorgan und welche auf ausserhalb desselben liegende Ganglien zu beziehen sind. Zu dem Ende nehmen wir nach einander vor:

A. *Den Kopf- und Halstheil des Sympathicus.* Von den verschiedenen Ganglien des Kopfes ist bis jetzt nur das *Ganglion linguale* Gegenstand besonderer *Untersuchungen* gewesen. Von ihm hat nämlich Bernard **) behauptet, dass es auf reflectorischem Wege die Speichelsecretion vermittle. Derselbe führt an, dass, wenn man den Nervus lingualis vor seiner

---

*) l. c. S. 109.

**) Annales des sciences naturelles. Tome XVIII. 1863. S. 371 und Comptes rendus. T. LX. 1862. p. 341.

Verbindung mit dem Ganglion linguale durchschneide und darauf die peripherischen Zweige des letzteren reize, man reichliche Speichelsecretion in der Unterkieferdrüse beobachte. Zwar soll diese bei electrischer Reizung besonders deutlich sein, doch auch bei chemischer nicht fehlen, durch welche Bemerkung dem Einwand vorgebeugt werden soll, dass die Erregung der Absonderungsnerven nicht etwa auf secundärem Wege zu Stande komme. Reizung der Mundschleimhaut soll unter denselben Umständen nicht zu reflectorischer Erregung der Speichelnerven Veranlassung geben. Kühne *) spricht sich in demselben Sinne, wie Bernard aus; doch lässt sich aus seiner Mittheilung nicht ersehen, ob er eigne Untersuchungen über diesen Gegenstand angestellt hat, oder nicht. Durch meine Beschäftigungen mit der Speichelabsonderung diesem Gegenstand nahe gebracht, habe ich die Versuche von Bernard wiederholt. Da es sich hier um nichts Geringeres, als um ein wohl constatirtes, einfaches Beispiel handelte, dass ein Ganglion eines höheren Wirbelthiers reflectorische Functionen ausübe, eine Ansicht, welche bis jetzt durch den Versuch noch nicht hinlänglich begründet ist; so habe ich diese Angelegenheit besonders studirt. Ich begann damit, zu prüfen, ob nicht etwa aus der Bahn des Nervus hypoglossus oder dem Nervus lingualis, eigentlich der Chorda tympani, der anderen Seite Fäden durch jenes Ganglion setzen möchten, die zeitweilig beim Uebergang von der einen Seite zur anderen in den peripherischen Zweigen des Nervus lingualis verweilen könnten. Die Versuche verneinten jedoch eine solche Möglichkeit. Hierauf wiederholte ich Bernard's Versuche in der von ihm angegebenen Weise. Bei electrischer Reizung peripherischer Lingualiszweige, es ist wahr, erhielt ich *bisweilen* Speichelsecretion, in vielen Fällen, namentlich dann, wenn ich mich in geeigneter Entfernung vom Ganglion hielt, war jedoch die Reizung erfolglos. In solchen Fällen überzeugte ich mich durch besondere Versuche, dass die Reizung eine Grösse hatte, welche zur erfolgreichen Erregung von Muskelnerven ausreichte. Ersetzte ich die electrische Reizung durch eine chemische, durch concentrirte Kochsalzlösung, so blieb auch diese so lange erfolglos, als man sicher sein konnte, dass keine Lösung bis zu dem Ganglion hin vorgedrungen war. Nimmt man endlich zu diesen Erfahrungen noch die Thatsache, dass von der Mundschleimhaut aus nach durchschnittenem Nervus lingualis an der bezeichneten Stelle niemals Speichelsecretion erzeugt werden kann, was um so auffallender ist, als es ein im Gebiete reflectorischer Erscheinungen bekannter Satz ist, dass sich dieselben viel leichter von den letzten Ausbreitungen

*) Kühne: Lehrbuch der physiologischen Chemie. Leipzig 1866. S. 8.

der Nerven in der Haut und auf den Schleimhäuten, als von den Stämmen und Zweigen auslösen lassen; so hat man Gründe genug, die von Bernard behauptete reflectorische Wirkung des Ganglion linguale zu läugnen. Es wird zwar behauptet, dass durch Reizung der Mundschleimhaut mit Substanzen, welche weniger die Geschmacks-, als die Gefühlsnerven anregen, reflectorisch die Speichelsecretion mittelst des Ganglion linguale angeregt werden könne. Ich habe dies jedoch nie so lange vermocht, als ich sicher sein konnte, dass derartige Substanzen nicht an der Seite der Zunge das submucöse Gewebe durchtränkten und eine directe Reizung der durch das Ganglion ziehenden Fasern der Chorda hervorriefen. In Bezug auf die electrische Reizung muss ich noch auf die grosse Gefahr aufmerksam machen, welche bei diesen Versuchen in den unipolaren Ableitungen des durch den gereizten Lingualiszweig unvollkommen geschlossenen Inductionskreises liegt. Ich hebe diesen Umstand hervor, weil er mich selbst eine kurze Zeit hindurch getäuscht hat.

Reichlicher fallen die Erscheinungen aus, wenn man den *Halstheil* des Sympathicus in Betracht zieht. Die bisher beobachteten Wirkungen erstrecken sich:

1. *auf das Auge.* Nach dem Durchschneiden des Grenzstranges, unter der Voraussetzung, dass dieselbe nicht zu tief unten am Halse ausgeführt werde, beobachtet man bleibende *Verengerung* der Pupille. Reizt man hierauf den centralen Stumpf, so kommt deutliche *Erweiterung* derselben zum Vorschein. Die Verengerung ist demgemäss die Folge des Wegfalls einer Nervenwirkung, welche durch den Sympathicus ausgeübt wird. Aus diesen beiden Erfahrungen wird es begreiflich, wie, entsprechend einzelnen Beobachtungen älterer Forscher, die Durchschneidung zwei verschiedene, sich scheinbar widersprechende Erfolge haben kann. Im Moment der Durchschneidung nämlich, welche als mechanischer Reiz des Nerven wirkt, kann sich bei reizbarer Iris und etwas längerer Dauer der Trennung des Nerven Erweiterung einstellen, welche bald der nachfolgenden Verengerung, die der bereits ausgeführten Trennung des Nerven entspricht, weicht. Die erste Beobachtung der Verengerung der Pupille nach Sympathicussection rührt von Petit *) her. Dieselbe ist nachher von vielen Seiten **), mehr, denn nöthig war, bestätigt worden. Die Erweiterung der Pupille ist bei mechanischer Reizung gleichfalls schon

*) Mémoires de l'academie des sciences. 1827. p. 1.

**) Die Literatur darüber findet sich an vielen Orten zusammengestellt; z. B. bei Budge, in Vierordt's Archiv für physiologische Heilkunde. 11. Jahrgang. S. 787. 1852, oder bei Stilling: Spinalirritation. S. 129.

von Petit gesehen worden, ohne dass jedoch demselben die Verhältnisse vollkommen klar geworden sind. Bestimmter erscheint diese Angabe bei Valentin, namentlich aber bei Biffi *), seit dessen Arbeit dieses Factum für die Nervenphysiologie gesichert war. Endlich sind Biffi's Versuche von Budge **) mit Zusätzen bestätigt worden. Diese sind wichtig genug, um hervorgehoben zu werden. Sie sagen erstlich aus, dass beim Kaninchen nur die Reizung des Halssympathicus vom unteren Halsganglion an aufwärts Erweiterung der Pupille zur Folge habe; sodann, dass die im Grenzstrang in die Höhe steigenden Pupillarfasern in letzter Instanz aus dem Rückenmarke kommen. Budge hat weiter diejenige Stelle des Rückenmarks ausgemittelt, an welcher diese Nervenfasern ihren Ursprung nehmen. Er fand, dass beim Kaninchen Reizung derjenigen Abtheilung des Rückenmarks, welche in den drei ersten Brustwirbeln eingeschlossen ist, am sichersten und längsten Erweiterung der Pupille hervorruft, und die nach oben und unten zunächst angrenzenden Stellen bis zu gewissen, hier nicht näher zu bezeichnenden Grenzen hin sich minder wirksam erweisen. Man hat daher jene Stelle des Rückenmarks das *centrum cilio-* oder *oculospinale* genannt. Die von ihm in den Sympathicus eintretenden Fasern liegen beim Kaninchen in den Rami communicantes der beiden ersten Brustnerven und zwar genauer in den *vorderen Wurzeln* derselben. Letzteres hindert jedoch nicht, auch von den hinteren Wurzeln derselben Nerven Erweiterung der Pupille auf reflectorischem Wege hervorzurufen. Beim Frosche übernehmen der zweite und dritte Brachialnerve die Ueberleitung der Pupillarfasern in die Sympathicusbahn. Beim Hunde verhält es sich, nach Bernard ***), wie beim Kaninchen. Ob die vorderen Wurzeln des einen Nerven mehr auf die Pupille, die des anderen mehr auf die sogleich zu erwähnende Bewegung der Lieder wirken, ist eine Frage, die Bernard dahin beantwortet, dass sich eine evidente Differenz zwischen beiden Rückenmarksnerven nicht finden lasse. Für den Menschen sind noch wenige Erfahrungen über diesen Gegenstand bekannt. Doch hat man auch hier durch Experimente an Enthaupteten wenigstens die allgemeine Thatsache feststellen können, dass Reizung des Halssympathicus Erweiterung der Pupille bewirkt †). Ueberdies ist am lebendigen

*) Intorno all' influenza che hanno sull' ochio i due nervi Grande Sympatico e Vago. Pavia 1846.

**) l. c.

***) Comptes rendus. Nr. 9. 1862.

†) R. Wagner: Ueber einige Versuche am Halstheile des sympathischen Nerven bei einer Enthaupteten. Henle's und Pfeuffer's Zeitschrit. III. Reihe, Bd. V. S. 331.

Menschen ein Phänomen bekannt, welches offenbar gleichfalls hierher gehört. Vigoureux *) nämlich hat darauf aufmerksam gemacht, dass bei einer jeden tiefen Inspiration oder Exspiration jedesmal eine zwar kleine, aber doch bemerkbare Dilatation der Pupille beobachtet wird. Sie beträgt im günstigsten Falle etwa $^1/_3$ des Durchmessers der mittleren Weite, gewöhnlich doch nur $^1/_5$ desselben. Da viele der Respirationsnerven in der Nähe des Centrum ciliospinale das Rückenmark verlassen, so könnte man dieses Phänomen als eine Art Mitbewegung auffassen. Ausser dem im Rückenmark liegenden, der Erweiterung der Pupille vorstehenden Organ giebt es höchst wahrscheinlich noch ein anderes, in der Schädelhöhle liegendes, von gleichem physiologischem Character, welches man das Centrum cilio cerebrale **) nennen kann. Man findet nämlich, dass Durchschneidung des Ganglion Gasseri eine Verengerung der Pupille in einem *Grade* nach sich zieht, wie sie durch Trennung des Sympathicus an keiner Stelle erreicht werden kann. Als reflectorische, durch den Trigeminus vermittelte Erscheinung kann dieses Phänomen nicht aufgefasst werden, da, wie bereits S. 174 erwähnt wurde, die Trigeminusdurchschneidung zwischen Gehirn und Ganglion Gasseri ohne irgend welchen Einfluss auf die Pupillenweite ist. Man könnte daran denken, dass es durch eine directe Reizung von die Pupille verengenden, in jenem Ganglion entspringenden Fasern bedingt werde; dann aber dürfte die Verengerung nicht *bleibend* ausfallen, was doch der Fall zu sein scheint.

Der Sympathicus zeigt während seines Verlaufes am Halse noch in einer anderen Beziehung Einfluss auf das Auge. Die Reizung nämlich des oberen Stumpfes des durchschnittenen Nerven erzeugt ein als Exophthalmie bezeichnetes Hervortreten des Augapfels, welches aber nur scheinbar ist und dadurch zu Stande kommt, dass das untere Augenlied langsam stark abwärts gezogen und dadurch der Bulbus entblösst wird. Diese Erscheinung ist bei Hunden besonders deutlich. Auch beim Menschen ist sie von Wagner beobachtet. Bei Thieren ist jedenfalls die musculöse Orbitalhaut, welche auf dem Boden der Orbita liegt und in das untere Augenlied einstrahlt, die anatomische Grundlage der beschriebenen Bewegung. Wie es sich beim Menschen verhält, weiss man noch nicht genau. An seinem Auge kommt ein in der unteren Augen-

*) De l'influence des mouvements respiratoires sur ceux de l'iris. Comptes rendus. Tome LIII· 1863. S. 581.

**) Guttmann: De Nervi trigemini dissectione apud Ranam esculentam. Diss. inaug. Berol. 1864. S. 30. Im Auszug mitgetheilt in Hermann's Centralblatt für die med. Wissenschaften. Nr. 38. 1864. S. 598.

höhlenspalte gelegener Muskel, der Musculus orbitalis, vor, ausserdem aber werden auch noch in den Liedern glatte Muskelfasern vorgefunden. Für letztere sind indess die *Richtungen* und *Anheftungen* noch nicht so genau gekannt, dass man ihnen mit Sicherheit dieselbe Function, wie der musculösen Orbitalhaut der Thiere zuschreiben könnte, obschon man es höchst wahrscheinlich finden mag. Die Fäden des Sympathicus sind bis jetzt nicht continuirlich bis zu diesen contractilen Elementen verfolgt; man findet es nicht unwahrscheinlich, dass sie aus dem Plexus caroticus, als Nervus petrosus profundus nach dem Ganglion sphenopalatinum kommen, wo sie nur noch einen kurzen Weg bis zu jenen Muskeln haben *).

Endlich ist auch behauptet worden, dass der Halsstamm des Sympathicus auf die Netz- und Aderhaut Einflüsse ausübe. Ich verweise in dieser Beziehung auf die unten citirte Schrift **) und die Bemerkungen der folgenden Nummer.

2. *Auf die Temperaturverhältnisse vom Hals und Kopf.* Dieses Factum hat zuerst Bernard ***) sicher kennen gelehrt. Er zeigte, dass nach der Trennung des Grenzstranges am Halse die Temperatur des Halses und Kopfes von der Durchschneidungsstelle aufwärts um 1—4° C. steigt. Zu gleicher Zeit sind die Hautvenen dieser Theile strotzend gefüllt und bei manchen Thieren, wie namentlich beim Pferde, bricht ein reichlicher Schweiss an den genannten Stellen hervor. Doch findet man diese veränderte Gefässfüllung nicht an allen Gefässen des Kopfes. Wie Beobachtungen mit dem Augenspiegel lehren, sind die Gefässe der Retina und Choroidea frei davon †). Der Wärmeunterschied auf der kranken und gesunden Seite erhält sich Tage lang. Er tritt um so schärfer hervor, je kälter die Umgebung; in höherer Temperatur verschwindet er fast vollständig. Beim Pferde fällt der Versuch verhältnissmässig am schönsten aus. Seit jener Zeit sind diese Versuche von andrer Seite her mit wesentlich demselben Erfolge wiederholt wor-

---

*) H. Müller: Ueber Innervation der glatten Augenmuskeln durch Fasern des Nervus sympathicus. Verhandlungen der phys. med. Gesellschaft in Würzburg. Bd. X. Heft 1. S. 13.

**) Dmitrofsky: Ueber den Einfluss des Halsstammes des Sympathicus auf die Netzhaut und die Aderhaut. Petersburg 1863.

***) Cl. Bernard: De l'influence du système nerveux grand sympathique sur la chaleur animale. Comptes rendus. T. XXXIV. 1852. S. 472 und: Recherches expérimentales sur la grand sympathique et specialement sur l'influence que la section de ce nerf exerce sur la chaleur animale. Paris 1854.

†) Donders: Aantekeningen van het Utr. Gen. 27 Junij 1853. bl. 32.

den. Man erläutert dies Phänomen durch die Annahme, dass durch die Trennung des Sympathicus die Nervenfasern, welche zu den die Gefässe verengernden Muskelfasern führen, von ihren Centralorganen getrennt und dadurch ausser Wirksamkeit gesetzt sind, in Folge wovon das Lumen der Gefässe grösser wird, und nun in derselben Zeit mehr Blut in die zu erwärmenden Gewebstheile fliesst. Unterstützt wird diese Vorstellung durch die weitere Erfahrung, dass bei der Galvanisation des oberen Stumpfes des durchschnittenen Sympathicus die vorher erweiterten Gefässe sich wieder zusammenziehen. Bernard*) hat folgenden hierher gehörigen Versuch angegeben. Man schneidet einem Kaninchen mit der Scheere ein so grosses Stück der Ohrmuschel ab, dass eben die kleinen Arterienästchen geöffnet sind. Aus ihnen fliesst und spritzt dann das Blut mit einer gewissen Schnelligkeit hervor. Wenn man hierauf den Grenzstrang des Sympathicus durchschneidet, so nimmt die Geschwindigkeit des Blutstromes aus der Wunde zu. Durch Galvanisation des Kopfendes des durchschnittenen Nerven kann man dieselbe von Neuem verringern. Mit der Verengerung und der geringern Anfüllung der Gefässe während der Reizung sinkt auch zugleich die Temperatur **). Ich habe diesen Versuch wiederholt, kann ihn jedoch nicht in dem Grade preconisiren, wie es Bernard thut. Es ist zwar bekannt, dass die Gefässe des Kaninchenohres auch ohne irgend welchen operativen Eingriff abwechselnd an- und abschwellen, eine Erscheinung, die ihr Entdecker mit der Thätigkeit eines Herzens verglichen hat ***). Allein in unserem Versuche wird nur auf diejenigen Abwechslungen Werth gelegt, welche mit der Durchschneidung, Reizung und Entfernung derselben wirklich coincidiren. Es ist wahrscheinlich, dass die erhöhte Temperatur nach der Durchschneidung des Sympathicus am Halse die *alleinige* Folge des vermehrten Blutzuflusses nach den bezüglichen Theilen ist; denn bis jetzt ist keine Erfahrung bekannt geworden, welche sich aus dieser Annahme nicht hinreichend erklären liesse †).

---

*) Comptes rendus. Bd. LX. S. 309.

**) A. Albanus: Experimentelle Untersuchungen über die Beziehung des Halsstranges des Sympathicus zur Temperatur des Kaninchenohrs. Dorpat 1860.

***) Schiff: Ein accessorisches Arterienherz beim Kaninchen. Vierordt's Archiv für physiologische Heilkunde. Bd. VIII. S. 523.

†) J. van der Beke Callenfels: Ueber den Einfluss der vasomotorischen Nerven auf den Kreislauf und die Temperatur. Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift. Neue Folge. 7. Bd. S. 157. und Voit: Ueber Temperaturverhältnisse am Ohr nach der Sympathicus-Durchschneidung etc. Bericht über die Versammlung der Naturforscher in Carlsruhe. 1858. S. 221.

Die am Auge bei der Sympathicussection beobachteten Erscheinungen und die Zurückführung derselben auf im *Rückenmark* entspringende Nervenfasern gab Veranlassung zu der Frage, ob die die Temperatur beherrschenden Fasern ebenwohl ihren letzten Ursprung im Rückenmark hätten, und ob sie sich gleichfalls bis zum Centrum oculospinale zurückführen liessen, oder ob ihre Quelle irgendwo anders zu suchen sei. Budge *) und Waller **) sind der Ansicht, dass die Circulations- und Wärmeveränderungen mit den Erscheinungen am Auge Hand in Hand gehen. Nach Wegnahme der einen Hälfte des Rückenmarks vom letzten Halsnerven bis zum dritten Brustnerven haben sie beide Classen von Erscheinungen auftreten sehen. Bernard ***) dagegen entscheidet die Angelegenheit dahin, dass die fraglichen Fasern beim Hunde ihren Ursprung im zweiten (?) Brustganglion des Sympathicus nehmen, indem gemäss seinen Versuchen nach Durchschneidung des Grenzstranges zwischen der zweiten und dritten Rippe die Veränderungen im Kreislauf und der Wärme *allein* auftreten, während die Section der beiden ersten Brustnerven vor ihrer Verbindung mit dem Sympathicus *allein* die oben beschriebenen Erscheinungen am Auge erzeugt. Es ist also die den Wärmephänomenen dienende Quelle gänzlich von der für die Pupillenerweiterung etc. getrennt. Zur Zeit ist es mit Rücksicht auf die S. 280 und 281 mitgetheilten Erfahrungen empfehlenswerth, geduldig der weiteren Entwickelung der Lehre von der physiologischen Bedeutung der Gefässnerven ohne voreilige Parteinahme zu folgen.

3. *auf die Speichelsecretion in der Glandula submaxillaris und Parotis.* Meines Wissens hat Ludwig zuerst angegeben, dass der Sympathicus Einfluss auf die Secretion in der Submaxillardrüse habe. Hierauf habe ich †) diesen Punkt genauer untersucht und dabei Folgendes gefunden. Reizt man beim Hunde den Halstheil des Sympathicus, oder, da letzterer bei diesem Thiere sich nicht bequem vom Vagus trennen lässt, den vereinigten Vagus-Sympathicusstamm, so erhält man einen Speichel, der sich in folgenden Punkten von dem unterscheidet,

---

*) Comptes rendus. T. XXXVI. S. 377.

**) ibid. S. 378.

***) Bernard: Des phénomènes oculo-pupillaires produits par la section du nerf sympathique cervical, ils sont independants des phénomènes vasculaires caloriques de la tête. Comptes rendus. T. LV. p. 381.

†) Siehe meine Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Bd. II. S. 86 u. 220 ff. Das hierher gehörige Fundamentalfactum hat auch Bernard selbstständig aufgefunden.

welcher auf Reizung der Chorda tympani gewonnen wird. Erstens ist die Menge bedeutend geringer, als bei Reizung des zuletzt erwähnten Nerven. Sodann ist er viel zähflüssiger, in Folge eines grösseren Gehaltes an Schleimstoff, wie es scheint, und führt eine grosse Anzahl stark lichtbrechender Moleküle und mehr oder weniger geformte Klümpchen einer sarcode- oder protoplasmaähnlichen Masse. Während der Erregung des Sympathicus mit diesem Erfolg fliest nach einer Beobachtung von Bernard zugleich das Blut langsamer und mit dunklerer Farbe aus der Vene dieser Speicheldrüse, als zur Zeit, wo die Paukensaite erregt wird. Ich habe früher diese beiden Speichelsorten als *Trigeminus-* und *Sympathicusspeichel* unterschieden, weil ich zu dieser Zeit noch nicht die volle Ueberzeugung hatte, dass sich der Trigeminus gar nicht bei der Secretion in dieser Drüse betheiligt. Jetzt, wo ich auf das Bestimmteste durch ganz directe Reizung der Paukensaite die Speichelsecretion erzeugt und wo durch Rahn's und meine Versuche der Ursprung der ersteren aus dem Facialis festgestellt ist, muss es statt Trigeminusspeichel Facialisspeichel heissen. Meine Versuche sind in neuerer Zeit durch Schlüter *) fortgesetzt worden. Er bestätigt die geringe Menge von Speichel, die man bei der Sympathicusreizung erhält, ebenso auch die Anwesenheit von Protoplasmaklümpchen. Weiter aber behauptet er, nach längerer Reizung des Sympathicus oder bei Reizung der Chorda tympani nach vorausgegangener des vorigen wirkliche Speichelkörperchen im Speichel gefunden und eigenthümliche Veränderungen in den Drüsenbläschen beobachtet zu haben. Ich habe später meine Versuche auch auf das Pferd ausgedehnt. Bei der Reizung des Sympathicus war kein besonderer Einfluss auf die Secretion in der Submaxillardrüse zu beobachten. Ich will gerade nicht behaupten, dass er nicht bestehe, aber er ist jedenfalls unbedeutend. Dagegen machte ich dabei die neue Beobachtung, dass hier aus dem Steno'schen Gang Sympathicusspeichel ausfliesst. Man gewinnt hier jedoch etwas mehr, als aus der Submaxillardrüse des Hundes, indem die Flüssigkeit zwar langsam, aber doch continuirlich ausfliesst. In diesem Speichel habe ich jedoch, obschon er dunkler als der Chorda-Speichel dieser Drüse war, bis jetzt keine Protoplasmaklümpchen gefunden, wohl aber die grosse Anzahl kleiner, stark lichtbrechender Moleküle, die ich auch im analogen Speichel aus der Unterkieferdrüse des Hundes sah. Beim Hunde wollte es mir bis jetzt nicht gelingen, aus der Ohrspeicheldrüse bei Reizung des Sympathicus eine ähnliche Speichelart, wie beim Pferd, zu

---

*) Henricus Schlüter: Disquisitiones microscopicae et physiologicae de glandulis salivalibus. Diss. inaug. Vratislaviae 1865.

gewinnen. In Uebereinstimmung hiermit hat v. Wittich *) bei der Reizung des Sympathicus des Schafes Speichelabsonderung in der Ohrspeicheldrüse erhalten. Der Speichel war jedoch hell und glich daher dem Chorda-Speichel. Da beim Hunde während der Sympathicusreizung aus dem Wharton'schen Gang sehr wenig Speichel ausfliesst, und auch ohne die erstere kleine Mengen einer dicklichen Flüssigkeit abgesondert werden, so kann man wohl den Einfluss des Halstheils des Sympathicus auf die Speichelsecretion überhaupt in Frage stellen. Man wird aber mit Rücksicht auf die neueren, am Pferde und Schafe gemachten Beobachtungen wohl thun, diese Negation erst dann zu vollziehen, wenn *quantitativ* festgestellt ist, dass die Reizung des Halssympathicus die Absonderung jener zähen Flüssigkeit in der Submaxillardrüse gar nicht vermehrt.

4. *auf die Herzbewegung.* Dieser Punkt ist bereits S. 207 abgehandelt worden.

B. Den *Brust-, Bauch- und Beckentheil.* Folgende Punkte sind hier zur Sprache zu bringen:

1. Die *Physiologie der Nervi splanchnici.* Diese Nerven gehören, wenn nicht mit ihrer ganzen, so doch weitaus mit ihrer grössern Fasermenge dem Rückenmarke an; denn nicht allein lassen sich nach einer Bemerkung von Kölliker bei kleinen Säugern die von den Rückenmarksnerven in die Rami communicantes eintretenden Nervenfasern direct bis in die Nn. splanchnici verfolgen, sondern einige der sogleich anzuführenden Functionen derselben beweisen diess auch mit grösster Bestimmtheit. Was nun die letzteren selbst anlangt, so ist zuerst der Einfluss zu beschreiben, welchen die fraglichen Nerven auf die *Bewegung der dünnen Gedärme* ausüben. Dieser Gegenstand ist noch nicht nach allen Seiten hin vollkommen durchsichtig. Soweit die Untersuchungen im Augenblick gediehen sind, lässt sich etwa Folgendes sagen. Bei Reizungen der Nn. splanchnici treten bald Bewegungen der Gedärme auf, bald werden dadurch bewegte Darmabschnitte in Ruhe gebracht. Für beide Erfolge besitzt die physiologische Literatur Zeugnisse und zwar für jede der beiden Erscheinungen von befähigten Händen her. Um Missverständnisse zu verhüten, bedarf dieser Satz jedoch der Bemerkung, dass sich die Physiologen Angesichts dieser Erscheinungen verschieden stellen. Die einen, und dahin zählt namentlich Pflüger **), der zuerst die hemmende Wirkung der Nn. splanchnici auf die bewegten

*) v. Wittich: Berliner klinische Wochenschrift. 11. Juni 1866. S. 255.

**) Pflüger; Ueber ein Hemmungsnervensystem für die peristaltischen Bewegungen der Gedärme. Monatsberichte der Berliner Academie, Juni 1851 und: de nervorum splanchnicorum functione. Berolini 1855.

Gedärme beobachtete, gestehen diesem Nerven nur Hemmungswirkungen zu und bringen denselben in eine Kategorie mit dem N. vagus, für welchen dann dieselbe Wirkung exclusiv in Anspruch genommen wird; die anderen, Ludwig, Kupffer*), Nasse**), läugnen den hemmenden Einfluss des Nerven nicht, glauben aber auch an eine bewegende Natur desselben, welche bei gewissen, noch näher zu erforschenden Zuständen der Nerven und vielleicht auch der Gedärme zu Tage trete; die dritten endlich, besonders durch Schiff vertreten, halten dafür, dass von hemmenden Wirkungen dieses Nerven gar keine Rede sein könne. Von diesen Meinungen ist gegenwärtig die letztere wohl nicht zu empfehlen, da die hemmende Wirkung des gereizten N. splanchnicus eine von zu vielen Seiten her beobachtete Thatsache und die Erklärung, welche man von dieser zu geben versucht, um sie im Sinne der Bewegungshypothese des Splanchnicus sprechen zu lassen, wenig ansprechend ist. Der Urheber dieser Hypothese meint nämlich, dass auch der N. splanchnicus, gleich dem N. vagus, durch starke Ströme sehr leicht erschöpft werde. Es treten aber hier von Neuem all die Bedenken in Kraft, welche oben bei der Physiologie des Vagus zusammengestellt wurden. Ich muss dazu bemerken, dass ausser Herrn Schiff noch Niemand die die fragliche Hypothese hauptsächlich stützende Beobachtung gemacht hat, dass eine *schwache* Erregung des Splanchnicus die Gedärme in Bewegung versetzt, eine *starke* dagegen sie alsbald beruhigt.

Man kann die hemmende Wirkung dieses Nerven dadurch zeigen, dass man beim Kaninchen, welches sich zu diesen Versuchen am besten eignet, längs des Rückens einen Hautschnitt macht und dann die eine Electrode eines Inductionsapparates in der Höhe des fünften oder sechsten, die andere in der Gegend des zehnten oder elften Brustwirbels befestigt, hierauf die Bauchhöhle öffnet, die dann alsbald auftretenden peristaltischen Bewegungen beobachtet und dann den Inductionsapparat in Gang setzt, worauf Tetanus der Skeletmuskeln und zugleich Stillstand der Gedärme erfolgt. Da indess bei dieser Form des Versuches die gereizten Nervenbahnen nicht hinlänglich klar vorliegen, so ist es nothwendig, entweder den Versuch, nachdem man die N. splanchnici durchschnitten, zu wiederholen, um sich jetzt von der Erfolglosigkeit der

*) Kupffer und Ludwig: Die Beziehungen der Nervi vagi und splanchnici zur Darmbewegung. Sitzungsberichte der Wiener Academie. Juli 1857. Bd. 25. S. 580. und in Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift für rationelle Medicin. Dritte Reihe. Bd. 2. S. 357.

**) O. Nasse: Beiträge zur Physiologie der Darmbewegung. Leipzig 1866.

***) Schiff: Moleschott's Untersuchungen. Bd. VI. S. 201.

Reizung zu überzeugen, oder, was das Beste ist, den N. splanchnicus direct zu reizen. Die Wirkungen erstrecken sich, wie es scheint, in jeder Form des Versuches auf die dünnen Gedärme und, obschon mit geringerer Energie, auf den aufsteigenden und queren Grimmdarm; der absteigende Theil des letzteren und der Mastdarm setzen ihre Bewegungen fort. Von Experimenten mit diesen Erfolgen berichten ausser Pflüger: Ludwig und Kupffer, Bezold *), Spiegelberg **), Hein ***) und Nasse ****). Nicht minder positiv fallen aber auch andererseits die Versicherungen aus, dass man durch den gereizten Nervus splanchnicus die ruhigen Gedärme in Bewegungen versetzen könne. Mittheilungen von Beobachtungen dieser Art machen Ludwig und Kupffer, Biffi †) und Nasse ††); es haben aber diese Beobachtungen das mit einander gemein, dass sie an dem bereits getödteten Thiere angestellt worden sind. Unter der Voraussetzung der Richtigkeit der letzteren Angaben, woran sich wohl kaum zweifeln lässt, da der Einwand Pflüger's †††), es entständen diese Bewegungen durch Stromesschleifen, welche den N. vagus träfen, wohl durch den Umstand beseitigt zu sein scheint, dass angegeben wird, der *Magen* bleibe bei der Splanchnicusreizung in Ruhe, entsteht nun die Frage, wie man sich diese beiden, augenscheinlich widersprechenden Ergebnisse der Splanchnicusreizung zu deuten habe. Eine doppelte Hypothese ist annehmbar: Entweder stellen wir uns vor, dass der N. splanchnicus zwei Arten Nervenfasern enthalte, deren eine die Darmbewegung hemmt, deren andere sie hervorruft, doch dergestalt, dass beide Fasergattungen in ungleichen Zeiten absterben. Daraus würde verständlich werden, wie es sich ereignen kann, dass am lebenden Thiere die Hemmung, am todten, aber noch reizbaren, ein Erfolg beobachtet wird, welcher von der zur Zeit der Reizung noch bestehenden relativen Energie beider Faserklassen abhängt. Zu dieser Annahme neigt Nasse und glaubt in dem Um-

---

*) Bezold: Zur Physiologie der Herzbewegungen. Virchow's Archiv. Berlin 1858.

**) Spiegelberg: Zur Darmbewegung. Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift. Dritte Reihe. Bd. II. 1857. S. 44.

***) Hein: Notiz über die Nervi splanchnici. Wunderlich's Archiv. 1857. Heft 132. S. 122, 262.

****) Nasse l. c. S. 11.

†) Biffi: Richerche sperimentali sul sistema nervoso arrestatore de tenue intestino. Annali universali di medicina. Agosto et Settembre 1857. p. 478.

††) Nasse l. c. S. 14.

†††) Pflüger: Untersuchungen zur Theorie der Hemmungsnerven. Dessen Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium zu Bonn. Berlin 1865. S. 51 u. 52.

stand eine Bestätigung seiner Meinung zu sehen, dass es ihm nach seiner Angabe gelungen ist, an demselben Thiere während des Lebens und nach dem Tode hinter einander her anfangs die deutliche, kräftige hemmende Wirkung der Reizung des N. splanchnicus, dann die allmähliche Abnahme und das Verschwinden derselben, sowie endlich ihren rein motorischen Effect darzustellen. Aber weder diese noch irgend eine andere der bisher bekannten Erfahrungen drängen zu dieser Vorstellung; bis auf Weiteres kann man ebensogut annehmen, dass der Erfolg der Splanchnicusreizung auf den Darm sich auf ein Zwischenglied überträgt, von dessen besonderer, durch mannigfache Umstände, wie z. B. Ernährung, Wärme etc. bedingten Wirksamkeit es abhängt, welcher endliche Erfolg zu Stande kommt. Sollte sich die S. 200 erwähnte Beobachtung von Schelske trotz dem, dass ich sie bis jetzt nicht darstellen konnte, dennoch bestätigen, so würde man dann in dem Vagus bezüglich des Herzens ein Paradigma haben, nach welchem auch der Splanchnicus und die Gedärme gehen.

Weiter ist von dem Nervus splanchnicus zur Harnsecretion zu reden. Die bezüglichen Angaben rühren von Bernard *) her. Dieser berichtet, dass nach der *Trennung* des Nervus splanchnicus major beim Kaninchen der Urin reichlicher aus dem Ureter fliesst, als vorher, und dass eine jede Galvanisation des unteren Endes Verminderung der durch Section des Splanchnicus erzeugten Beschleunigung der Urinsecretion hervorrufe. Von Wiederholungen dieser Versuche ist bisher nicht Viel bekannt geworden. Ich habe Ursache, an ihre Richtigkeit zu glauben. Bei den vielen Versuchen nämlich, welche ich bezüglich der Stellung des Splanchnicus zum künstlichen Diabetes habe anstellen lassen, wurde constant nach Reizungen dieses Nerven eine ganze auffallende Verminderung in der Urinsecretion beobachtet, und zwar so sehr, dass trotz aller Schonung, welche man bei diesen Versuchen der Niere angedeihen liess, oft nach Stunden langem Warten kaum so viel Urin erhalten werden konnte, um die Zuckerprobe damit vornehmen zu können.

Endlich ist noch kurz *der Beziehung des Splanchnicus zum künstlichen Diabetes* zu gedenken. V. Gräfe **) und ich ***) haben gelegentlich und unabhängig von einander die Beobachtung gemacht, dass sich bei der Durchschneiduug des N. splanchnicus Zucker im Harn fand. Wegen Mangel einer geordneten Untersuchung indess über diesen Gegenstand

*) Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme. T. II. p. 169.

**) J. W. A. Krause: Annotationes ad Diabetem. Halle 18 8.

***) Mein Lehrbuch der Anatomie des Menschen. S. 381.

veranlasste ich einen Schüler von mir, Herrn Ploch*), eine solche auszuführen. Dabei hat sich ergeben, dass es durchaus keine constante Erscheinung ist, dass der Harn diese Veränderung nach der Splanchnicussection erleidet, nur in einigen, verhältnissmässig sehr sparsamen Fällen, wurde Zucker gefunden. Jedenfalls bleibt also hier noch Etwas aufzuklären. In erneuerten Versuchen wird namentlich Rücksicht darauf zu nehmen sein, ob nicht etwa stärkere *Reizungen* des Splanchnicus Zucker in den Harn überführen; denn da nach dem Diabetesstich auf dem Boden des vierten Ventrikels der Zucker bald wieder aus dem Harn schwindet, dieser also Folge der *Reizung* und nicht der *Trennung* des Nerven zu sein scheint; so wäre es möglich, dass der bei der blossen *Durchschneidung* des Nerven gesetzte Reiz unzureichend für den Erfolg wäre. Wünschenswerth ist es auch, dabei die Reizung in der Brust- und nicht in der Bauchhöhle vorzunehmen, um nicht die Circulation in der Niere zu stören.

2. *Die Bedeutung der Ganglien des Grenzstranges.* Schon oben ist erwähnt worden, dass nach Bernard die im Halstheil des Sympathicus verlaufenden Fasern, welche die Wärmephänomene am Hals und Kopf reguliren, von der oberen Abtheilung des Brustgrenzstranges, wahrscheinlich vom zweiten Ganglion desselben, abstammen sollen. Bernard**) hat nun auch diejenigen Nerven aufgesucht, welche dieselbe Function bezüglich der vorderen Extremitäten übernehmen. Seiner Angabe nach sollen dieselben im ersten Brustganglion entspringen. Er führt an, dass die Durchschneidung der drei letzten Hals- und beiden ersten Brustnerven vor ihren Verbindungen mit dem Sympathicus Empfindung und Bewegung der vorderen Glieder aufhebe, ohne die Temperatur derselben zu verändern, wohingegen die Durchschneidung des Armgeflechtes zu jenem Verluste noch erhöhte Temperatur zufüge. Nicht zufrieden mit dieser Beweisführung hat er noch das erste Brustganglion theils subcutan, theils de visu zerstört, und dabei dieselben Erfolge bezüglich der Temperatur beobachtet. Verhält sich Alles wirklich so, wie Bernard es angiebt, dann wird der Schluss durch Analogie gerechtfertigt sein, dass auch die übrigen Brustganglien eine ähnliche Function haben, und dass sich dieselbe höchst wahrscheinlich auf Brust und Rücken erstrecken wird. Von besonderen Functionen des Restes der Ganglien des Grenzstranges haben wir nur noch die mit dem Lumbo-

---

*) Ploch: Ueber den Diabetes nach Durchschneidung des N. splanchnicus Giessen 1863.

**) Comptes rendus. 1862. S. 305.

sacralgeflecht in Verbindung stehenden zu erwähnen, über welche gleichfalls von Bernard *) Versuche angestellt worden sind. Sie bestehen in der Regulirung der Temperatur der hinteren Extremitäten. Das Verfahren, dessen er sich hierbei bediente, war dasselbe, wie das vorher angewendete. Er durchschnitt die Nerven des Lumbosacralgeflechtes innerhalb des Lenden- und Kreuzbeinkanales, wobei er nur Wegfall der Empfindung und Bewegung, aber keine Temperaturänderung an der hintern Extremität zur Beobachtung bekam. Hierauf durchschnitt er die Nerven desselben Geflechtes nach ihren Verbindungen mit dem Sympathicus, nach welcher Operation sich noch Gefässfüllung und Temperaturerhöhung den vorigen Erscheinungen zugesellte. Endlich riss er noch den Grenzstrang mit Schonung der Stämme des Lendengeflechtes aus und bekam dann die zuletzt erwähnten Erscheinungen *allein* zu sehen. Schon oben wurde hervorgehoben, dass die Ergebnisse der Versuche anderer Forscher von diesen Angaben abweichen, und zwar hauptsächlich in dem Punkte, dass die von Bernard den *Ganglien* zugeschriebene Temperaturerhöhung den *Rückenmarksnerven* zugeschrieben wird.

3. *Die Physiologie einzelner Ganglien ausserhalb der Kette des Grenzstranges.* So bedeutungsvoll die Bauchganglien und ihre Geflechte in der practischen Medicin früher gehalten worden sind, so Wenig hat sich jedoch mit Hilfe umsichtig angestellter Experimente über dieselben festsetzen lassen. Ich fühle mich zu dieser Behauptung durch zwei Arbeiten veranlasst, die unter meinen Augen und meiner Mitwirkung über das *Ganglion coeliacum* und *mesentericum posterius* ausgeführt worden sind, bei denen keine Mühe gespart worden ist, den wahren Sachverhalt aufzuklären. Ich werde den wesentlichen Inhalt dieser Arbeiten vorführen und dabei die von anderen Forschern vorgebrachten Behauptungen besprechen. Die erste **) derselben hatte zum Zweck, die Functionen des *Plexus coeliacus* und *mesentericus anterior* auszumitteln. Um die Arteria coeliaca und mesenterica anterior herum liegen beim Hunde drei Ganglienknoten, die unter sich durch Nerven mit einander in Verbindung stehen. In diese senken sich bekanntlich Theile der Nervi vagi und Nervi splanchnici ein und gehen zahlreiche, geflechtartig sich verbindende Fasern aus ihnen hervor. An diesen Ganglien und Nervensträngen lässt sich nun zwar experimentiren, aber man kann aus diesen Versuchen

---

*) Comptes rendus. 1862. S. 228.

**) A. Adrian: Ueber die Functionen des Plexus coeliacus und mesentericus. Meine Beiträge. Bd. III. S. 61.

Wenig oder gar Nichts über die wahre Herkunft der Nervenfasern schliessen. Reizt man das stärkste dieser Ganglien, so beobachtet man schwache Bewegungen am Magen und den dünnen Gedärmen, dagegen weder eine veränderte Röthe der Schleimhaut, noch vermehrte Magensaftsecretion. Exstirpirt man die Ganglien und lässt die Thiere unter der gehörigen Pflege zum mindesten soweit gesunden, dass die schwersten Folgen der Operation vorüber sind, so werden keine constante Erscheinungen, wie etwa: Mangel an peristaltischen Bewegungen, ungewöhnliche Fäcesbeschaffenheit, Hyperämieen, Vergrösserung einzelner Organe, wie etwa der Leber oder Milz, Bewegungen der Ureteren- und Gallengänge und vasa deferentia beobachtet. Die zweite Arbeit *) behandelt in ähnlicher Weise das *Ganglion mesentericum posterius und den damit verbundenen Plexus.* Auch hier wurde in der angegebenen, doppelten Art verfahren, um über die Functionen dieser Theile ins Klare zu kommen. Die Exstirpation des Ganglions ist verhältnissmässig leichter auszuführen und die Thiere erholen sich rascher, weil man bei dieser Operation nicht mit einer so grossen Anzahl von Organen in Collision kommt, als bei den Untersuchungen über das Ganglion coeliacum. In Folge dieser Umstände ist auch das Vertrauen zu den negativen Resultaten, welche auch diese Untersuchung lieferte, verhältnissmässig grösser. Abgesehen von den sensitiven Fasern, deren Existenz in diesen Nerventheilen nachgewiesen wurde, konnte weder ein deutlich bewegender Einfluss der Nerven auf die zugehörigen Gebilde, also namentlich den Mastdarm, noch auf die Secretionen auf der Darmschleimhaut, noch auf die Gefässfüllung beobachtet werden. Pincus **) und Budge ***) berichten andere Erfolge. Sie sprechen von Hyperämieen, Ecchymosen, Geschwürsbildungen und vermehrter Secretion auf der Darmschleimhaut. Da aber in den Versuchen dieser Forscher die Thiere nach verhältnissmässig kurzer Zeit, die längste ist vier Tage, zu Grunde gingen, einer von ihnen, Herr Pincus, auch von Geschwüren spricht, die sich schon 15 Stunden nach der Operation ausgebildet haben sollen, so weiss man nicht recht, wieviel von

*) Schmidt: Ueber die Functionen des Plexus mesentericus posterior. Giessen 1862.

**) Pincus: Experimenta de vi nervi vagi et sympathici ad vasa, secretionem etc. Diss. inaug. Vratislaviae 1856.

***) Budge: Anatomische und physiologische Untersuchungen über die Functionen des Plexus coeliacus und mesentericus. Erste Abth. Verhandlungen der k. k. Leopold.-Carol. Academie der Naturforscher. XIX. Bd. 1860. S. 258.

diesen Folgen auf den operativen Eingriff selbst kommt. In neuerer Zeit hat Lamansky *) die Adrian'schen Versuche wiederholt und im Allgemeinen bestätigt. Doch hat er eine Beobachtung gemacht, welche zu weiteren Prüfungen mahnt. Ein Hund nämlich, welchem *sämmtliche* Ganglien des Plexus coeliacus exstirpirt waren, Adrian hatte immer nur den grössten Theil der Ganglien weggenommen, erlangte nach der Operation schliesslich seine Gesundheit dauernd wieder, machte aber vorher eigenthümliche Ernährungsstörungen durch, für welche nicht mit Sicherheit eine andere Ursache als die Wegnahme der Ganglien aufgefunden werden konnte.

---

*) S. Lamansky: Ueber die Folgen der Exstirpation des Plexus coeliacus und mesentericus. Henle's und Pfeuffer's Zeitschrift. Dritte Reihe. XXVIII. Bd. S. 59.

Brühl'sche Univ.-Buch- und Steindruckerei (Fr. Chr. Pietsch) in Giessen.

Man verbessere v o r dem Gebrauch die folgenden Fehler:

S.		Zeile					
S. 27	Zeile	10	von oben	lese man	Leitungsgüte	statt	Leistungsgüte.
„ 85	„	17	„ unten	„ „	Innervationsvorgänge	statt	Ernährungsvorgänge.
„ 95	„	17	„ oben	„ „	Unterschied	statt	Urterschied.
„ 99	„	16	„ unten	„ „	Punkte	„	Stellen.
„ 142	„	8	„ oben	„ „	vergehen	„	vorgehen.
„ 142	„	9	„ oben	„ „	schloss	„	öffnete.
„ 142	„	5	„ unten	„ „	1862	„	1852.
„ 159	„	3	„ unten	„ „	la	„	le.
„ 173	„	18	„ oben	„ „	dritten	„	zweiten *).
„ 235	„	7	„ unten	„ „	Exspirationsstellung	statt	Exstirpationsstellung.

---

*) So muss es nach einer besondern, hier vorgenommenen Prüfung heissen.







